Rua General Gaspar Dutra, 1180 - Sala: 101
Estreito - Florianópolis - SC - CEP: 88075-100

www.imc-soldagem.com.br

MANUAL DE INSTRUÇÕES

3ª Edição 2011

DIGIPlus A7

A fonte de Soldagem Multiprocesso a Arco Inteligente devido a seu processador ARM de 32 bits

ATENÇÃO

O OPERADOR DEVE LER O MANUAL DE INSTRUÇÕES ANTES DE UTILIZAR A FONTE DE SOLDAGEM PELA PRIMEIRA VEZ.

Este manual se refere a toda linha *DIGIPlus*. Assim sendo, algumas informações apresentadas somente são relativas ao modelo específico.

Compreendidas as funções descritas sobre cada tecla e as variáveis de ajuste, ele poderá utilizar o diagrama menu (Anexo C) que se encontra no final deste manual, como auxílio durante a operação de soldagem.

SUMÁRIO

1. FONTES DE ENERGIA PARA SOLDAGEM

1.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a tecnologia da soldagem sofreu profundos avanços devido as crescentes exigências dos diferentes ramos industriais. Uma das bases para estes avanços foi o rápido progresso da eletrônica, que possibilitou uma vertiginosa transformação das fontes de energia para soldagem. Esta transformação está exigindo dos fabricantes um grande esforço para se manterem num mercado progressivamente mais competitivo.

No Brasil a IMC é uma empresa pioneira em lançamento de equipamentos de soldagem de alta tecnologia. Ao longo de sua existência, juntamente com o labsolda da UFSC, lançou novas modalidades de soldagem, procurando sempre acompanhar o que está sendo desenvolvido nos principais institutos do país e no exterior.

Este manual apresenta uma nova geração de fonte de energia para soldagem a arco com tecnologia atual, utilizando um processador de 32 bits o que confere mais flexibilidade e maior desempenho no controle do processo de soldagem. Este equipamento é a materialização de pensamentos, metas e ações de brasileiros que acreditam poder desenvolver no Brasil tecnologias de vanguarda.

1.2 EVOLUÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA

Para a soldagem a arco voltaico com o processo MIG/MAG, devido à exigência de corrente contínua, o conversor rotativo foi a única fonte de energia disponível até a década de 60. No entanto, com o advento da eletrônica do estado sólido, surgiu então uma nova era para os equipamentos de soldagem. Mediante o uso de diodos retificadores, foi possível obter a transformação direta da corrente alternada para corrente contínua a baixo custo.

Entretanto, a princípio, mesmo com a utilização desses novos componentes eletrônicos, a energia do arco continuava a ser ajustada pelos meios tradicionais. Assim, era impossível o uso de corrente pulsada e quase inviável o uso dessas fontes com unidades robotizadas.

Foi a utilização de tiristores nas pontes retificadoras que tornou possível o comando eletrônico da energia entregue ao arco, inaugurando uma nova era das máquinas de soldagem, as quais se tornaram aptas para aceitar o comando das unidades dos robôs e a introdução de pulsos de energia para o controle da transferência metálica no processo MIG/MAG e da poça de fusão no TIG.

Entretanto, em pouco tempo, verificou-se que estas fontes tiristorizadas tinham grandes limitações para o trabalho em corrente pulsada. Uma dessas limitações era a impossibilidade de pulsar em freqüências continuamente ajustáveis na faixa de uso do processo MIG/MAG pulsado, que necessita de freqüências superiores a 30 Hz. Para estas fontes, a pulsação só poderia ocorrer sincronizadamente com múltiplos e submúltiplos da freqüência da rede. Esta restrição, associada com a forma do pulso, que é senoidal, eliminava a possibilidade de uma formulação matemática para a especificação das variáveis de

soldagem. Outra restrição era a impossibilidade de ajuste eletrônico da dinâmica do equipamento em soldagem com transferência por curto-circuito, o que tinha de ser feito pela inserção ou retirada de indutores no circuito de soldagem. Porém, para o processo TIG, que utiliza freqüências de pulsação bem mais baixas (0,1 a 5Hz), as fontes tiristorizadas mostravam-se adequadas para soldagem com corrente contínua.

Um avanço nas fontes eletrônicas de soldagem ocorreu com a utilização do transistor como elemento controlador da potência nestes equipamentos. As primeiras fontes transistorizadas eram do tipo analógico (figura 1.1). Como os transistores operam na região linear, como em amplificadores de baixa potência, pode-se reproduzir qualquer tipo de sinal em sua saída, desde que sejam respeitados os limites máximos para o qual a fonte foi projetada. Sendo assim, pode-se obter correntes com formas de onda adequadas às características dinâmicas de qualquer processo de soldagem. Além disso, tais equipamentos de soldagem produzem uma saída de corrente ou de tensão sem flutuação em relação à referência desejada, já que o controle sobre o transistor é contínuo.

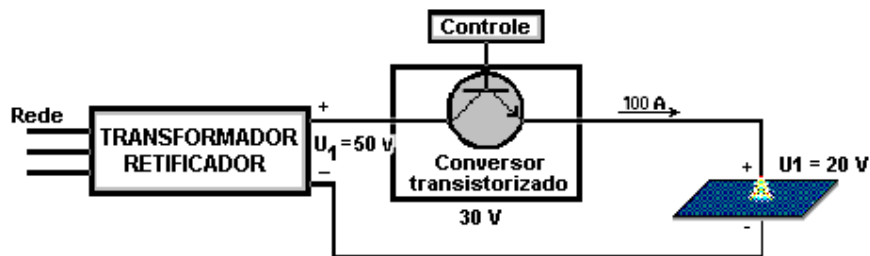



Figura 1.1 - Diagrama de uma fonte transistorizada analógica

A grande desvantagem apresentada pelas fontes transistorizadas analógicas é a perda de energia nos transistores, a qual pode atingir valores superiores a energia fornecida para a soldagem. Por exemplo, para uma tensão de arco de 20 V e uma corrente de 100 A, se o conjunto transformador-retificador estiver fornecendo uma tensão de 50 V, ter-se-ia uma queda de tensão sobre o transistor de 30 V. Isto equivaleria a dissipar a potência de 3000 VA no transistor, reduzindo o rendimento a apenas 40 %, já que a potência do arco seria de 2000 VA. Esta dissipação de energia sobre o transistor obrigaria sua refrigeração à água.

Para minimizar a dissipação de energia, desenvolveram-se as fontes chaveadas. Nelas, o transistor atua como uma chave controladora da variável de soldagem desejada, pela interrupção ou liberação do fluxo de corrente pelo transistor. O fundamento é controlar a energia do arco, não de forma contínua e analógica, como no caso anterior, mas de modo discreto, abrindo-se e fechando-se o transistor, de acordo com a diferença entre o nível real e de referência da variável controlada. A figura 1.2 ilustra o diagrama de uma fonte chaveada no secundário e as formas de onda obtidas em cada etapa do circuito.

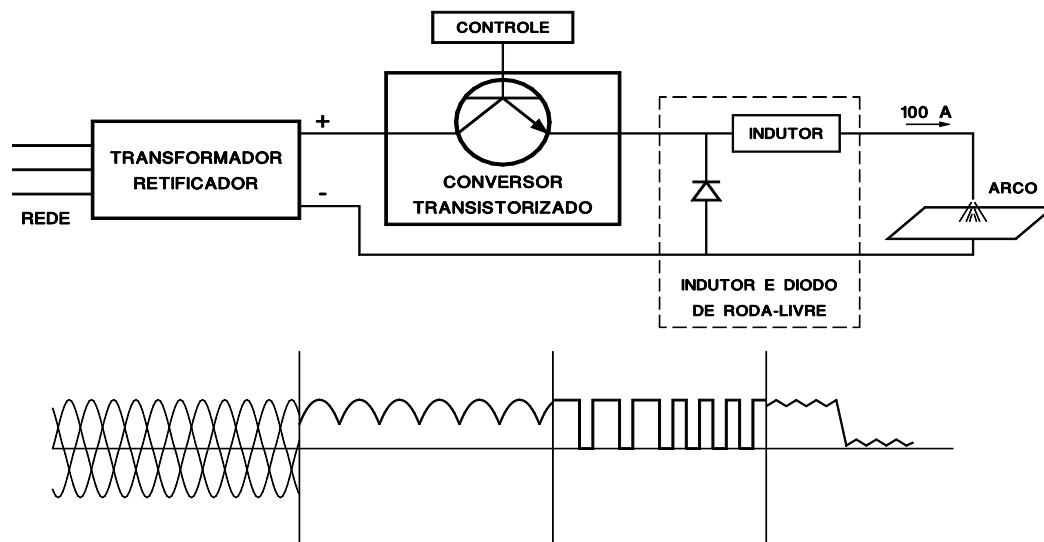



Figura 1.2 - Diagrama simplificado de uma fonte chaveada no secundário

Através desta técnica de chaveamento, as perdas reduzem-se substancialmente já que, quando o transistor está aberto, a corrente que passa pelo mesmo seria teoricamente nula e, quando fechado, a tensão entre seus terminais seria nula. Em qualquer dos casos não haveria perdas. Entretanto, na prática, isso não acontece, porque, quando aberto, a tensão de saturação sobre os terminais provoca perdas em condução. Além disso, existem ainda as perdas devido à comutação dos transistores, as quais aumentam com a freqüência de operação dos mesmos.

Para a construção de uma fonte de energia transistorizada dispõe-se de três tipos de transistores: os bipolares, que apresentam baixa queda de tensão em condução, mas necessitam de uma elevada corrente de controle, que pode atingir 20% da corrente de soldagem, fazendo com que o circuito de controle se torne complicado e muito dissipativo. Os transistores denominados Mosfets, sendo comandados em tensão, praticamente não consomem energia no controle, pois a corrente necessária é desprezível. Contudo, estes transistores proporcionam uma elevada queda de tensão em condução, o que os torna mais dissipativos.

Para associar as boas características de cada um desses transistores, foram concebidos os transistores IGBT's (Insulated Gate Bipolar Transistors), que são comandados em tensão, como os Mosfets, mas possuem uma baixa queda de tensão em condução como os bipolares. A utilização dos IGBT´s nasceu no Laboratório de Soldagem e Mecatrônica da UFSC, onde vem trabalhando desde 1990 com esta tecnologia. Atualmente a IMC desenvolveu novos circuitos de comando e proteção, compatíveis com o avanços destes dispositivos.

A linha *DIGIPlus* é uma evolução da linha DIGITEC e teve como principal objetivo adequar o hardware e o software da DIGITEC as novas tecnologias de eletrônica, bem como, torná-la compatível com as exigências atuais das diferentes modalidades de soldagem.

A linha *DIGIPlus* é um produto com tecnologia e projeto totalmente nacional . Este produto nasceu no ambiente de ensino e pesquisa, nele está o conhecimento de técnicos, professores e profissionais de diversas áreas e instituições. Isso resultou um equipamento com características únicas voltadas tanto ao mercado brasileiro, quanto ao ensino e pesquisa no campo da soldagem.

As fontes de Soldagem da linha *DIGIPlus* possuem um avançado processador ARM de 32 bits, o que permite operar com várias modalidades de soldagem e elevado desempenho no controle do arco e da transferência metálica.

A *DIGIPlus* é considerada um equipamento versátil, pois se sistema de controle baseado em um micro-controlador ARM 7 de 32 bit possibilita toda a operação da fonte através apenas de 'softwares'. Isto possibilita que, para cada tipo de aplicação, seja desenvolvido um programa especial. Outra grande vantagem é a facilidade de comunicação com outros sistemas automatizados, como robô, linhas de montagem etc.

O fundamento da fonte obedece, em princípio, a estrutura apresentada na figura 1.2. Além disso, foi introduzido um filtro, composto por uma indutância (Lf) e uma capacitância (Cf), para se obter um melhor fator de potência (aproximadamente 0,95). Assim sendo, o circuito esquemático da fonte ficou conforme a fig. 1.3.

a)

b)

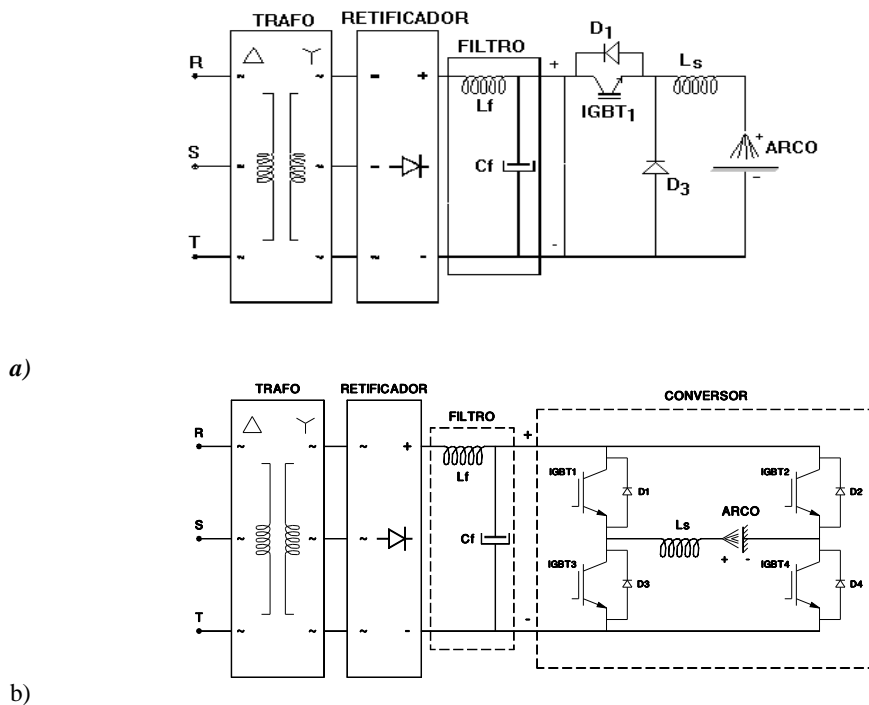



Figura 1.3 - Diagrama esquemático da Fonte DIGIPlus a) modelo DC, b) modelo AC;

Os circuitos da *DIGIPlus* foram projetados para operar por meio de microcontrolador. Isto simplifica a operação e reduz a possibilidade de erros na escolha das variáveis e parâmetros de soldagem, como por exemplo, na definição de variáveis e parâmetros para o processo sinérgico.

Outra grande vantagem dos equipamentos microprocessados é a possibilidade de se armazenar as variáveis e parâmetros fornecidos durante a soldagem para posterior reutilização.

2. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

2.1 INTRODUÇÃO

A fonte de soldagem *DIGIPlus* foi desenvolvida com tecnologia inédita no Brasil, para operar nas seguintes opções:

a) Processo MIG/MAG convencional;
b) Processo MIG/MAG convencional sinérgico;
c) Processo MIG/MAG pulsado com comando de corrente;
d) Processo MIG/MAG pulsado com comando misto;
e) Processo MIG/MAG pulsado sinérgico;
f) Processo MIG/MAG pulsado térmico (duplamente pulsado);
g) Processo MIG/MAG pulsado térmico (duplamente pulsado) sinérgico;
h) Processo TIG com corrente contínua constante ou pulsada;
i) Processo TIG CA pulsada e pulsada térmica;
j) Processo PLASMA com corrente contínua constante ou pulsada;
k) Processo Eletrodo Revestido com sistema de anticolagem.

O nome *DIGIPlus* A7 foi escolhido devido a mesma ser a sucessora da DIGITEC e por usar um processador ARM 7 de 32 bits. O número **450/600/800** indica o valor em ampères da corrente máxima que cada versão de equipamento pode operar. A versão **450** com intensidade de corrente máxima de 450 A, pode operar a 280 A com fator de trabalho de 100%. A versão **600** com intensidade de corrente máxima de 600 A, pode operar a 350 A com fator de trabalho de 100% e a versão 800 com corrente máxima de 800 A e 500 A 100%.

A operação deste equipamento é realizada através de um painel com display e teclas, por meio do qual são realizados a seleção dos processos e o ajuste das variáveis de forma simples e prática. Isto possibilita o ajuste das variáveis de soldagem a distâncias de várias dezenas de metros.

A *DIGIPlus* pode também ser comandada externamente por computador selecionando-se no painel (IHM) a opção “**controle externo”** que aparece no “display”.

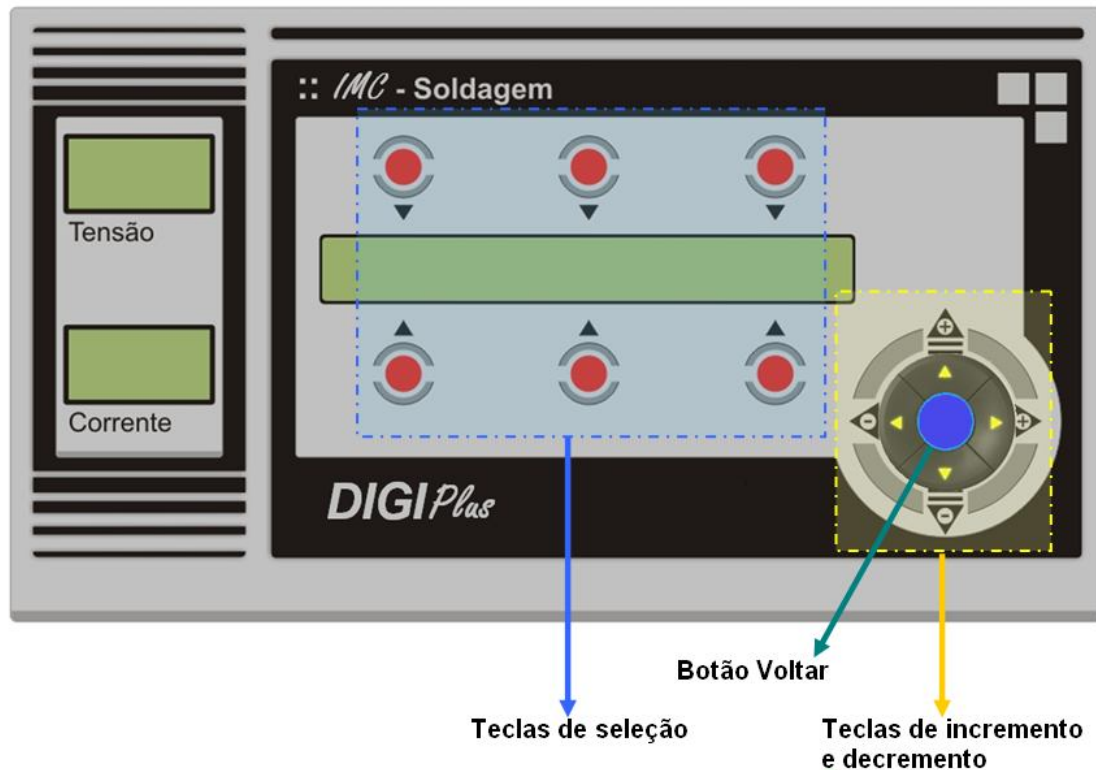
Acompanhando esse equipamento tem-se um cabeçote de alimentação de arame designado STA-20D. As informações referentes à sua especificação, operação e manutenção podem ser encontradas no Anexo A.

OBSERVAÇÃO: Embora a partida para operação do equipamento tenha que ser feita na botoeira LIGA/DESLIGA na parte frontal da fonte de soldagem, o desligamento por esta botoeira somente deve ser realizado em caso de emergência. A maneira correta de proceder o desligamento do equipamento é pelo painel (IHM). Para tanto, o operador deve retornar ao “menu” inicial do programa de controle. Isto pode ser feito pelo pressionamento consecutivo da tecla **Voltar** ou diretamente na tecla **Inicio**. Neste “menu” inicial aparecerá uma tecla com a função “desligar”, a qual, uma vez pressionada, conduzirá ao desligamento.

2.2 DADOS TÉCNICOS DO EQUIPAMENTO

	Capacidade de Corrente			
Características	**200**	**450**	**600**	**800**
Tensão de alimentação trifásica	220/380/440	220/380/440	220/380/440	220/380/440
Tensão em vazio (configurável de fábrica)	50/68/85 V	50/68/85 V	50/68/85 V	50/68/85 V
Corrente a 100 % de fator de carga	200 A	280 A	350 A	500 A
Potência nominal	5 kVA	10 kVA	12 kVA	16 kVA
Faixa de corrente	5- 400 A	5- 450 A	5- 600 A	10 - 800 A
Corrente nominal por fase (220/380/440)	13/8/7A	26/15/13 A	32/18/16 A	42/25/21 A
Ripple de corrente	5 A	8 A	10 A	20 A
Fator de Potência	0.94	0.94	0.94	0.94

3. DESCRIÇÃO DOS PAINÉIS

3.1 PAINEL DE INTERFACE COM O USUÁRIO DA DIGIPlus (IHM)

A operação do teclado é bastante simples. As **teclas de seleção** são usadas para se escolher as opções apresentadas no display, permitindo que sejam selecionadas as modalidades de soldagem e suas variáveis, bem como, que se acessem as variáveis de configuração, menus de salvar/carregar programas, entre outras funções.

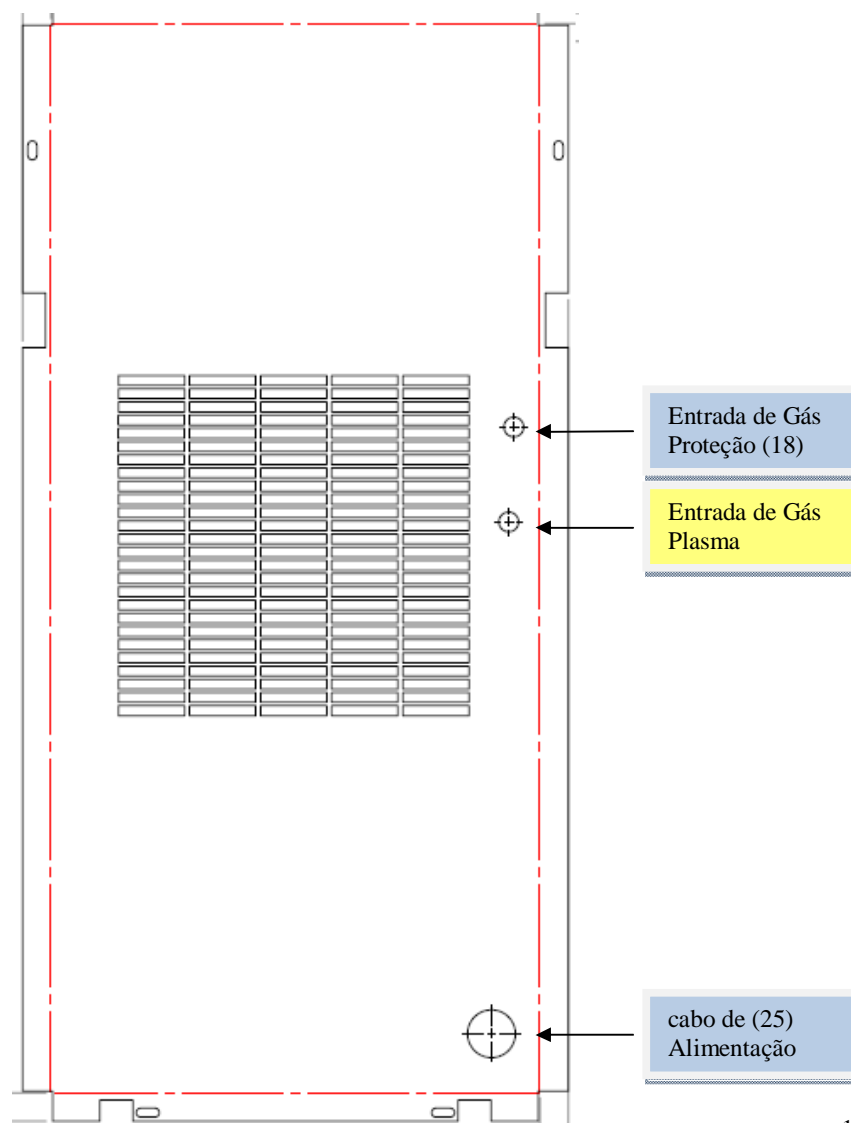
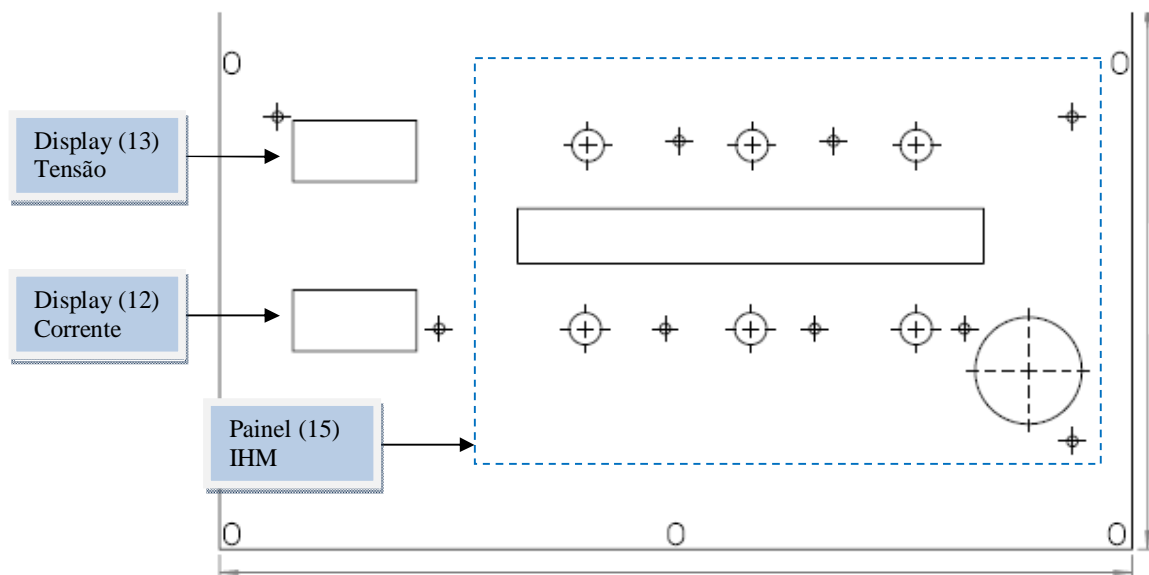
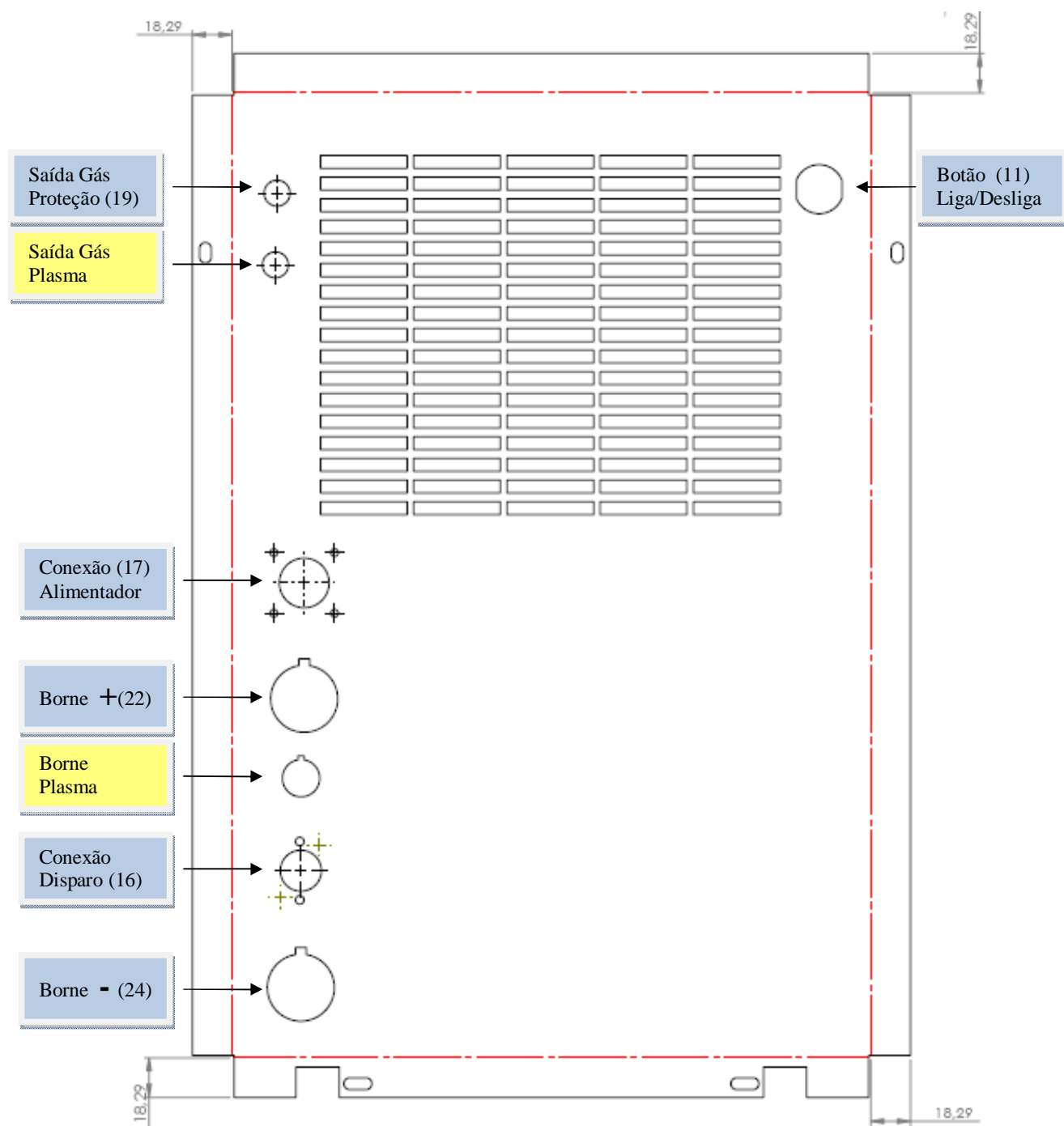
As **teclas de incremento/decremento** são usadas para alterar o valor das variáveis de soldagem e de configuração. As setas para cima e para direita são usadas para aumentar o valor da variável selecionada, sendo que a seta para cima aumenta a variável numa razão maior. As setas para baixo e para esquerda são usadas para diminuir o valor da variável, sendo que a seta para baixo diminui o valor da variável numa razão maior.

A **tecla voltar** tem três funções :

a) pressionando-se normalmente permite voltar ao menu anterior.

b) pressionando-se de 2 a 4 segundos permite voltar ao menu inicial.

c) pressionando-se mais do que 5 segundos irá desligar a fonte, de forma que ao se religá-la o menu retornará na posição que estava ao se desligar

3.2 *PAINEL INCLINADO E PAINEL TRASEIRO DA DIGIPlus*

3.3 PAINEL DIANTEIRO DA DIGIPlus

4. INSTALAÇÃO

4.1 ELÉTRICA

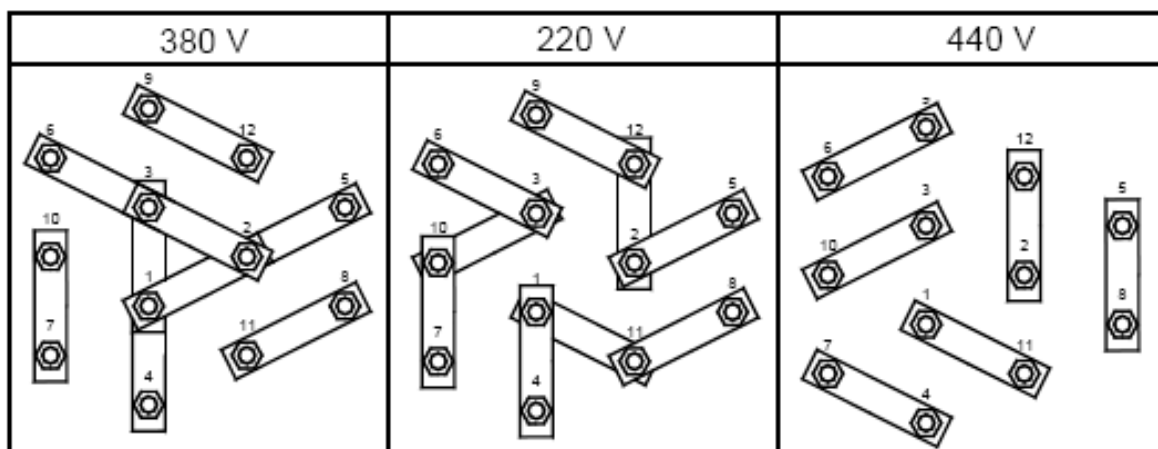
A fonte de soldagem ***DIGIPlus*** foi projetada para operar, tanto em 220, como em 380 e 440 V (trifásico). Para adequar a tensão de alimentação, deve-se abrir a tampa lateral direita (estando o operador de frente para o painel inclinado) e modificar as conexões no quadro de ligações existente no nível inferior da máquina, conforme o esquema de ligação apresentado na figura 4.1, que também se encontra afixado na parte interna da tampa lateral direita. Apenas estas ligações devem ser alteradas! As demais, como as conexões elétricas dos ventiladores, válvulas de gás, transformador de comando, foram feitas de tal forma que não precisam ser modificadas. Compatibilizada a alimentação da máquina com a rede local, pode-se conectá-la ao quadro de fusíveis, observando-se que o fio azul é o terra.

Os fusíveis instalados no quadro devem estar de acordo com a tensão da rede, conforme os valores da tabela 4.1. Estes valores foram obtidos considerando uma potência nominal de 10 kVA (a um fator de potência médio de 0,94). Devem ser utilizados fusíveis rápidos.

REDE	**FUSÍVEIS (A)**		
	450	**600**	**800**
220 V	60	70	90
380 V	40	50	60
440 V	40	40	50

Tabela 4.1 - Fusíveis do quadro de alimentação da DIGIPlus

Para a proteção de alguns circuitos e elementos, existem duas placas de fusíveis, uma na parte inferior e outra na superior do equipamento. A tabela 4.2 apresenta esta relação de fusíveis.

Para auxiliar um diagnóstico de possíveis falhas no equipamento existem “Leds”, tanto na placa de controle, como na placa de comando do IGBT, os quais são descritos no anexo 4.

AO ALTERAR A CONFIGURAÇÃO DO FECHAMENTO PARA UMA DAS TENSÕES (220 V, 380 V, 440 V) TRIFÁSICAS, É NECESSÁRIO MUDAR A POSIÇÃO DO **FIO VERMELHO** DO CONECTOR **CN1,** QUE SE ENCONTRA NA PLACA DE PASSAGEM SUPERIOR **(FIG. 1),** PARA A TENSÃO CORRESPONDENTE DO FECHAMENTO.

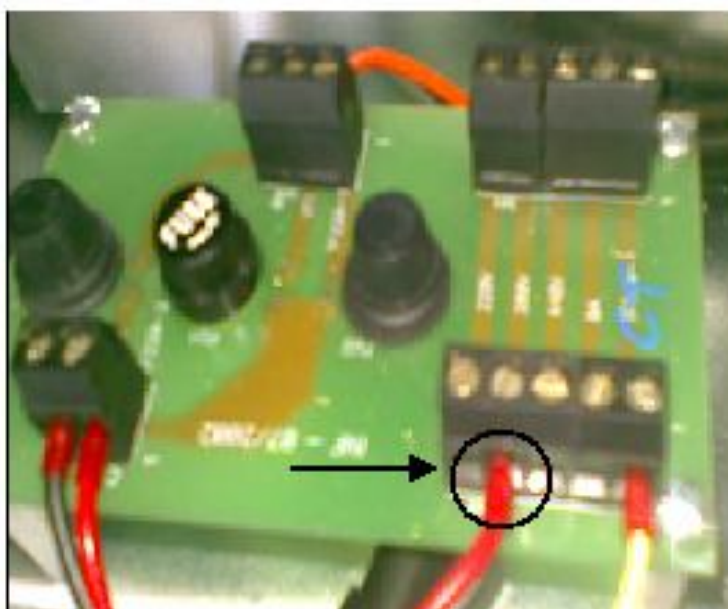



Figura 4.1 – Esquema de ligação para as três tensões de alimentação.

4.2 GASES

A entrada de gás fica no painel traseiro. Este é utilizado nos processos MIG/MAG e TIG/PLASMA e tem por função proteger a poça metálica, estabilizar o arco voltaico e/ou ainda atuar ativamente no processo de soldagem (conforme for o processo).

A máquina comanda a abertura e o fechamento da vazão de gás de soldagem através de uma válvula solenóide (normalmente fechada) acionada eletronicamente. Se o processo selecionado não precisar de gás de proteção proveniente de cilindro (como na soldagem com eletrodo revestido), a válvula estará automaticamente fechada.

4.3 AJUSTE DA VAZÃO DE GÁS

O correto ajuste da vazão de gás é de suma importância nos processos onde existe o fluxo de gás de proteção. A vazão de gás influencia diretamente na qualidade da solda.

Se o circuito de gás dentro da máquina e na pistola oferecer uma perda de carga muito grande, isto influenciará a pressão de saída da válvula e o fluxômetro indicará vazões falsas. Pode ocorrer também que nessas válvulas controladoras, a indicação do manômetro de baixa pressão esteja com escala de vazão, em “l/min”, e aqui vale as mesmas observações sobre possíveis erros.

A forma mais correta de realizar o ajuste é medindo a vazão do gás no bocal da tocha de soldagem. Isto evita os erros de medição ocasionados pela perda de carga nas mangueiras de alimentação. O dispositivo utilizado para essa medição é o rotâmetro. Ele é constituído de um tubo transparente graduado e um flutuador. O gás passa através do tubo e faz com que o flutuador indique a vazão na escala.

A figura 4.2 mostra como realizar a medição. O bocal da tocha deve estar na posição vertical e o rotâmetro bem encostado. Para que o gás seja liberado, pressiona-se seqüencialmente no “display” a tecla **início**, a tecla correspondente a **“configurar”** e a tecla correspondente a **“gás”.** Aparecerão as opções “PreG” e “PosG” na linha superior do “display” e na linha inferior “Gás: desligado”. Ao se apertar a tecla correspondente a esta última opção, a descrição passará para “Gás: ligado” e a válvula solenóide do gás se abrirá para permitir que a vazão de gás seja ajustada. Para cessar o fluxo de gás pressiona-se a novamente a mesma tecla ou a tecla “**Voltar”**.

Figura 4.2 – Medição da vazão de gás junto à tocha.

É no mesmo “menu” do teste gás onde se pode ajustar os tempos de pré-gás (PreG) e pós-gás (PosG). Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida uma das teclas de incremento (+) e decremento (-). As teclas incremental e decremental, situadas no extremo direito do teclado (IHM) têm resolução de décimos de l/min e as contíguas à esquerda têm resolução unitária.

4.4 ÁGUA

É importante observar o circuito de refrigeração a água da pistola para os processos MIG/MAG e TIG/PLASMA quando se utiliza pistola refrigerada.

Alguns modelos da *DIGIPlus* possuem um conector para entrar um contato seco indicando falta de água. Os sinais e conexões são totalmente compatíveis com as unidades de refrigeração produzidas pela IMC.

OBSERVAÇÕES:

- O reservatório de água deve ser abastecido com a água de refrigeração quando a unidade de refrigeração for ligada pela primeira vez. Deve-se observar a capacidade de água do reservatório, a fim de mantê-lo num nível adequado. Recomenda-se fazer inspeções periódicas do nível de água do reservatório para que não haja perigo de sobreaquecimento da tocha. Use sempre água filtrada.
- Antes de iniciar o processo de soldagem, é muito importante verificar a existência de ar nas canalizações da água de refrigeração. Isto resulta numa refrigeração deficiente da tocha, podendo ocasionar danos devido ao sobreaquecimento. Para evitar este problema, deve-se desconectar a mangueira de entrada de água quente. Desta maneira, a bomba é acionada e a água circulará, removendo o ar da canalização. Para que esta água seja reaproveitada, coloca-se a extremidade da mangueira no próprio reservatório da fonte ou em um outro recipiente.

5. OPERAÇÃO COMO FONTE MIG/MAG

5.1 INTRODUÇÃO

A soldagem MIG/MAG usa o calor de um arco elétrico entre um eletrodo nu, alimentado de maneira contínua, e o metal de base. O calor funde a ponta do eletrodo e a superfície do metal de base para formar a poça de fusão. A proteção do arco e da poça metálica vem inteiramente de um gás alimentado externamente, que pode ser inerte (normalmente argônio) — MIG, ou ativo (no caso o CO_2) — MAG, ou ainda uma mistura destes — MAG. Em alguns casos usa-se pequenos percentuais de O_2 (1 a 2 %) misturados com o argônio para a soldagem de aços inoxidáveis.

As maiores vantagens do processo MIG/MAG são a alta taxa de deposição, a baixa liberação de fumos relativamente ao eletrodo revestido, e a ampla faixa de espessuras e posições que se pode soldar.

É usada no processo MIG/MAG corrente contínua em polaridade inversa, isto é, com o eletrodo ligado ao pólo positivo (+). A troca da polaridade é realizada através da mudança dos cabos de força, nas conexões do painel traseiro da fonte.

5.2 COLOCANDO A FONTE EM OPERAÇÃO

Para adaptar a fonte de soldagem para o processo MIG/MAG, os seguintes passos devem ser seguidos:

1- Verificar se o cabo de alimentação da fonte (25) está conectado à caixa de fusíveis existente nas proximidades do local de soldagem antes de LIGAR a fonte (11). A capacidade dos fusíveis deve estar de acordo com a tabela 4.1;

2 - Conectar ao painel dianteiro/traseiro da fonte (item 3.3) os elementos listados a seguir:

– A mangueira de gás vinda do cilindro a ser utilizado na soldagem (18);

– saída de gás para a tocha (19);

– o conector do alimentador de arame (17);

– partida (16);

– conexão da pistola (+) (22);

3 - Conectar a obra (-) (24) à mesa de soldagem ou à própria peça;

4 - Conectar o plugue da pistola de soldagem à tomada (8S) (Euroconector) do painel dianteiro do alimentador de arame STA-20D (Anexo A);

5 - Conectar também as mangueiras de água quente e água fria aos respectivos engates rápidos (6S) e (7S) (Anexo A);

6 - Ligar a máquina, pressionando por alguns segundos o botão verde da botoeira (11), localizada no painel inclinado, até que apareça no painel uma mensagem informando o

modelo da fonte. Não aparecendo esta mensagem, solte o botão verde, pressione o botão vermelho por alguns segundos até perceber que a máquina desligou. Espere alguns segundos e volte a repetir o procedimento;

7- Colocar o rolo de arame-eletrodo a ser utilizado no cabeçote alimentador de arame;

Existem dois tipos de cabeçotes: o **STA-20D** e o **STA-20-2**.

No **STA-20D**, o rolo de arame fica exposto e no **STA-20-2** fica enclausurado. No **STA-20D**, após colocar o rolo de arame no suporte, deve-se abrir a tampa lateral direita (estando de frente para o dispositivo) do alimentador e introduzir o arame por entre os rolos tracionadores e os orifícios existentes. Para avançar o arame, pressiona-se o botão de avanço (2S) no painel de controle do dispositivo (Anexo A) até que o arame apareça saindo do bocal da pistola de soldagem.

Já no **STA-20-2**, deve-se abrir a tampa lateral esquerda (estando de frente para o dispositivo) para que o rolo seja colocado no suporte interno do cabeçote. Desse modo, deve-se introduzir o arame por entre os rolos tracionadores e os orifícios existentes e avançar o arame, pressionando o botão de avanço, até que o arame apareça saindo do bocal da pistola de soldagem.

8 - Abrir o gás de soldagem no cilindro e ajustar a vazão desejada;

Adotar o procedimento de medição explicado no item 4.2.1 para o ajuste da vazão. Os rotâmetros utilizados para esse procedimento são geralmente baratos e são calibrados para funcionar à pressão atmosférica, evitando assim, erros devido à pressão ajustada.

9 - Selecionar o modo de comando do operador, que pode ser por dois toques (2T) ou quatro toques (4T). Esta seleção é realizada no "display" do painel (IHM), pressionando-se a tecla correspondente a "**configurar**" e após, a tecla **"toques",** escolhendo entre "**2T**"(dois toques) ou "**4T**"(quatro toques) conforme se desejar. No sistema de dois toques, o soldador pressiona o gatilho, mantendo-o pressionado durante a soldagem, e o solta para o final da soldagem. No sistema de quatro toques, ao se pressionar e soltar o gatilho, tem-se o inicio da soldagem, devendo-se repetir essa ação para finalizar o processo. Para o processo de soldagem pulsado térmico o sistema de quatro toques funciona da seguinte maneira: botão pressionado (fase de início), botão solto (fase de pulsação) e novamente botão pressionado (fase de término), soltando o botão para o final da soldagem;

10 - Pode-se optar entre fazer o ajuste das variáveis no próprio painel (local) ou através de um microcomputador (remoto). Para isso, pressiona-se a tecla "**opções**" e escolhe-se entre as teclas correspondentes a "**remoto**" e **"local"** no "display";

11 – Em alguns modelos, para saber se a bomba de refrigeração da tocha está habilitada, pressiona-se a tecla "**configurar**". Assim, surgirá no "display" uma das indicações: "**bomba hab**" ou "**bomba des"**. Se a indicação for "**bomba hab**", a bomba será acionada ao se dar início à soldagem. Para escolher entre as duas opções deve-se pressionar a tecla correspondente à indicação, fazendo com que ela se altere.

12 - Selecionar o processo de soldagem MIG/MAG, pressionando a tecla "**MIG**" no painel (IHM). Aparecerão em seguida três opções:

- **MIG pulsado**;
- **MIG convencional**;

- **Produção**;

Selecionando a tecla correspondente à "**Produção**" surgirão no "display" as seguintes variáveis: "**t_aa**" (tempo de arco aberto), "**t_to**" (tempo total), "**P_aa**" (produção em arco aberto), "**P_to**" (produção total), "**mt**" (metros de arame consumido) e a opção "→" para mostrar o próximo display que contém a variável "**DLin**" (densidade linear) e a opção "**ZERAR**".

Em caso de arames maciços ou arames tubulares sem fluxo a densidade linear "DLin", que deve ser ajustada pressionando a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento e decremento (+ e -), situada ao lado direito do painel (IHM), retrata a quantidade de material fundido a partir do eletrodo, a qual difere da quantidade de material depositado apenas pelas perdas por salpicagem ou sublimação metálica. Entretanto, se os arames contiverem fluxos, deve-se atentar bem para a interpretação dos dados obtidos a partir da informação "DLin".

5.3 AJUSTE DAS VARIÁVEIS DE SOLDAGEM - MIG/MAG

Para a seleção e ajuste das variáveis de soldagem, recomenda-se que o operador tenha noções básicas de soldagem a arco. O presente manual assume que o operador já detém tais conhecimentos. A literatura de soldagem deve ser consultada para maiores esclarecimentos. Para isto, uma bibliografia foi incluída no final deste manual. Ainda em anexo (anexo B) têm-se algumas tabelas com variáveis referentes à soldagem MIG/MAG convencional, pulsada e mista.

5.3.1 MIG/MAG CONVENCIONAL

O processo MIG/MAG convencional é a opção em que a fonte de energia é do tipo tensão constante. O soldador/operador deve ajustar no equipamento uma tensão de referência e uma velocidade de alimentação de arame-eletrodo. Às vezes, os equipamentos também possuem um ajuste de dinâmica, ajuste este também chamado de indutância.

Este modo de operação é relativamente fácil de ser conduzido, pois o número de variáveis é muito pequeno. Fundamentalmente, a tensão de referência deve ser ajustada em valores na faixa de 15 a 32 V e em dependência da velocidade do arame-eletrodo, sendo esta última, a principal determinante da corrente de soldagem resultante. Assim, pode-se dizer que a corrente é uma variável dependente da velocidade do arame-eletrodo. Diz-se também que existe um auto-ajustamento da corrente em função das circunstâncias do processo, como, por exemplo, alteração da distância da pistola de soldagem até a peça.

Para ajustar o equipamento *DIGIPlus* no modo MIG/MAG convencional, procede-se da seguinte forma:

1 - No painel (IHM), estando no menu inicial, pressiona-se a tecla correspondente ao processo "**MIG**";

2 - Pressionar a tecla correspondente a "**MIG convencional**";

3 - Selecionar o número de fases desejado conforme a necessidade, pressionando a tecla "**fases:**" do "display". Caso a soldagem seja realizada com a mesma configuração do início ao fim deve-se optar por apenas uma fase. Porém, sendo necessário que o procedimento de soldagem seja alterado em três trechos, pode-se optar por alterar as variáveis em três fases: início, soldagem e fim.

4 - Escolher a opção "**normal**" ou "**sinérgico**".

a) MIG convencional normal

Caso a opção selecionada for a normal surgirão no "display": "**variáveis**", "**hab. solda**" e "**salvar**". Ao pressionar a tecla correspondente a "**variáveis**", no caso da soldagem em uma fase, serão mostrados os parâmetros: "**Ur**" (tensão de referência), "**Ks**" (indutância de subida), "**Kd**" (indutância de descida) e "**Va**" (velocidade de mergulho do arame). Para a soldagem em três fases, surgirão no "display": "**início**", "**soldagem**" e "**fim**", sendo que cada uma das fases conterá as variáveis citadas anteriormente.

O efeito da indutância é importante na soldagem MIG/MAG por curto-circuito, influenciando diretamente na formação de salpicos e na estabilidade do arco voltaico. As figuras 5.1a, 5.1b, 5.2a e 5.2b mostram oscilogramas (U) x (t) e (I) x (t) para uma Uref.=19 V, com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, gás Ar + 8% CO_2, Vs = 40 cm/min e dois diferentes conjuntos de indutâncias;

Os ajustes dos valores destas variáveis são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento e decremento (+ e -), situada ao lado direito do painel (IHM). Feito isto, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**".

Para iniciar a soldagem em uma fase basta pressionar o botão da tocha. Nesse instante aparecerão no "display" os valores selecionados para as variáveis de soldagem (**Ur**), (**Ks**), (**Kd**) e (**Va)**. Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento;

Para o início do processo de 3 fases deve-se pressionar o botão da tocha, surgindo no "display": "**Iniciando processo...**" e em seguida "**fase inicial...**" e mantê-lo pressionado até onde se deseja realizar a soldagem com a configuração inicial. Ao soltar o botão inicia a configuração correspondente a fase "**soldagem**", surgindo no "display" os valores selecionados para as variáveis de soldagem (**Ur**), (**Ks**), (**Kd**) e (**Va)**. Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento. Ao pressionar novamente o botão da tocha, surgirá no "display": "**fase final...**", e este deverá ser mantido pressionado até o momento em que se deseja finalizar a soldagem, quando será mostrado no "display": "**desabilitando o processo...**".

Obs. - Somente é possível ajustar os valores das variáveis de soldagem na fase "**soldagem**", não sendo possível ajuste dos mesmos nas fases "**início**" e "**fim**".

Pressionar a tecla **Voltar** para desabilitar a solda;

b) MIG convencional sinérgico

Optando-se pela soldagem convencional sinérgico, surgirão no "display" o tipo de material do eletrodo e seu diâmetro e **"confirma"**. Para se escolher qual o tipo de material e

respectivo diâmetro pressiona-se a tecla de incremento e decremento (+ e -), situada ao lado direito do painel (IHM). Para confirmar o eletrodo pressiona-se então **“confirma”**;

Após essa confirmação, para o caso de soldagem em uma fase, aparecerão no “display” as variáveis: “**Im**” (corrente média), “**a**” (altura de arco), “**hab. solda**” e “**salvar**”. Para a soldagem em três fases, surgirão no “display”: “**início/fim**”, “**soldagem**”, “**hab. solda**” e “**salvar**”. Selecionado a tecla correspondente a “**inicio/fim**”, surgirão no “display”: **“Im_i”** (corrente média inicial), **“Im_f”** (corrente média final), “**a_i**” (altura de arco inicial), “**a_f**” (altura de arco final). Pressionando a tecla relativa a “**soldagem**”, surgirão no “display”: “**Im**” (corrente média) e “**a**” (altura de arco).

Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada ao lado direito do painel (IHM). Feito isto, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, “**hab. solda**”. Assim, surgirá no “display” a informação “**Aguardando disparo...**”.

Para iniciar a soldagem em uma fase basta pressionar o botão da tocha. Nesse instante aparecerão no “display” os valores selecionados para as variáveis de soldagem (**Im**) e (**a**). Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento;

Para o início do processo de 3 fases deve-se pressionar o botão da tocha, surgindo no “display”: “**Iniciando processo...**” e em seguida “**fase inicial...**” e mantê-lo pressionado até onde se deseja realizar a soldagem com a configuração inicial. Ao soltar o botão inicia a configuração correspondente a fase “**soldagem**”, surgindo no “display” os valores selecionados para as variáveis de soldagem (**Im**) e (**a**). Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento. Ao pressionar novamente o botão da tocha, surgirá no “display”: “**fase final...**”, e este deverá ser mantido pressionado até o momento em que se deseja finalizar a soldagem, quando será mostrado no “display”: “**desabilitando o processo...**”.

Obs. - Somente é possível ajustar os valores das variáveis de soldagem na fase “**soldagem**”, não sendo possível ajuste dos mesmos nas fases “**início**” e “**fim**”.

Pressionar a tecla **Voltar** para desabilitar a solda.

OBSERVAÇÕES:

- A fonte de soldagem *DIGIPlus* foi projetada para indicar nos “displays” de **TENSÃO** (13) e **CORRENTE** (12), localizados no painel frontal, os ***Valores médios*** de tensão e corrente, respectivamente. O operador deve estar ciente disto para que proceda ao ajuste das variáveis de forma adequada;

- Alguns cuidados devem ser tomados quanto ao alimentador de arame:
  - Ao se introduzir o eletrodo no conduíte, caso este seja de teflon, recomenda-se que seja feito um arredondamento na ponta do eletrodo após o corte, para se evitar possíveis obstruções por cavacos arrancados da parede do conduíte. Para conduítes de aço não ocorre este problema. Para eletrodos de alumínio e arames tubulares de parede fina, recomenda-se que o conduíte seja de teflon;
  - No uso de arames tubulares, recomenda-se que os roletes de tracionamento do arame sejam em “V” ranhurados. Para arames eletrodos maciços de alumínio, os roletes devem ser de entalhe em “U”. Para os demais arames maciços de aço, usam-se roletes em “V” sem ranhura;
  - Os roletes usuais são para eletrodos de diâmetro na faixa de 0,8 até 1,6 mm, porém

pode-se utilizar eletrodos de até 2,4 mm.

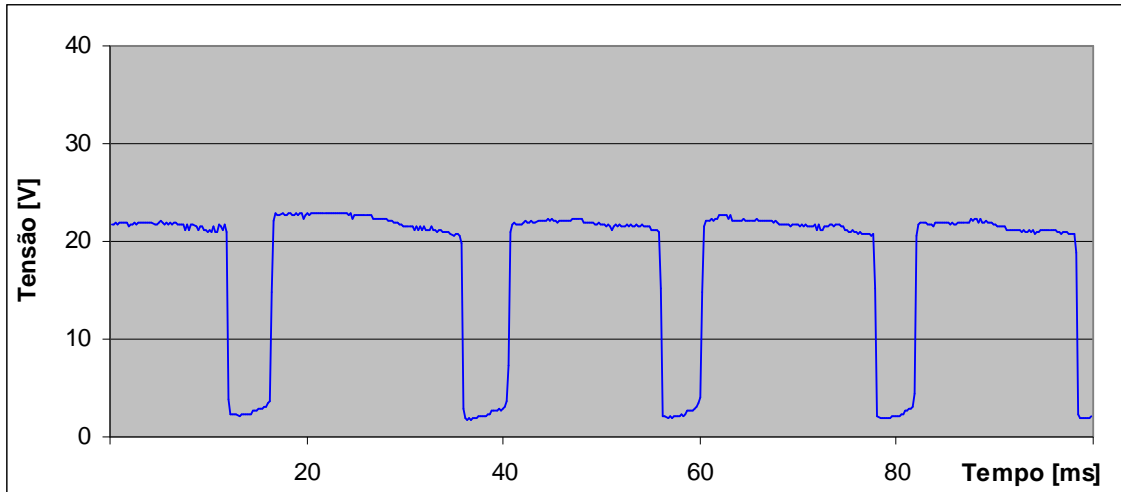
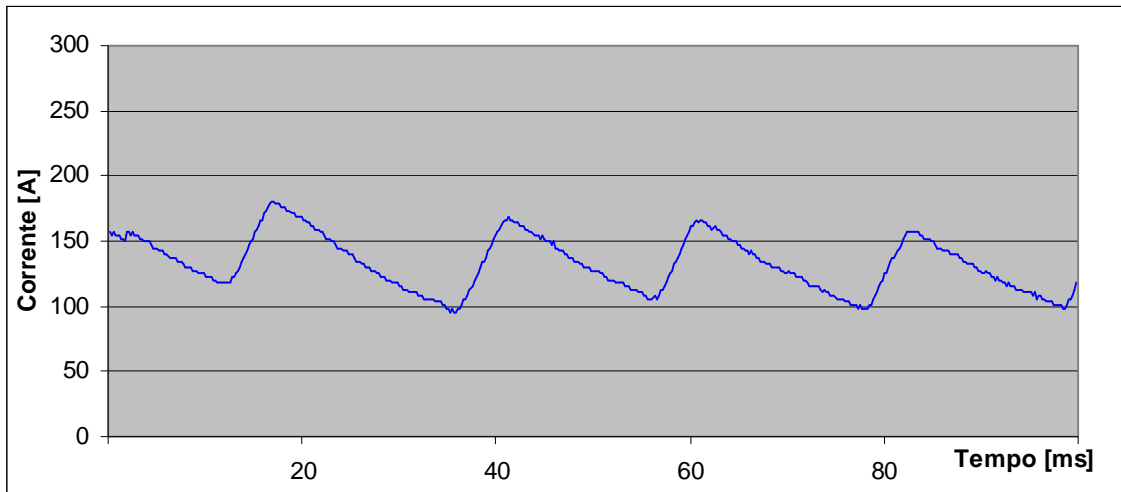
A seguir têm-se alguns exemplos de oscilogramas de soldagens MIG convencional:

(a)

(b)

Figura 5.1 – Oscilogramas U [V] x t [ms] e I [A] x t [ms] para Ks =5; Kd =5; Va =4,0 m/min; Uref.=19V; eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm; gás Ar + 8% CO_2; Vs = 40 cm/min.

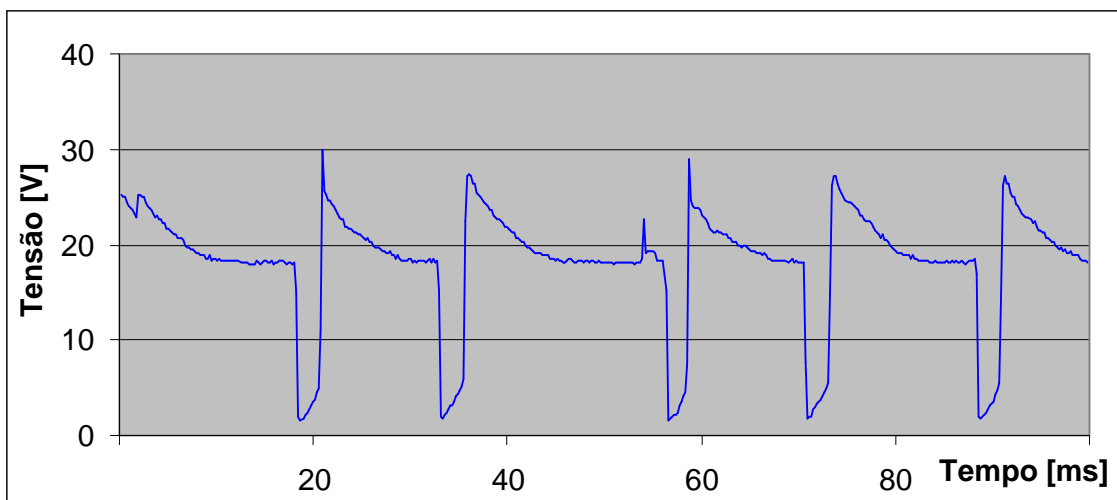
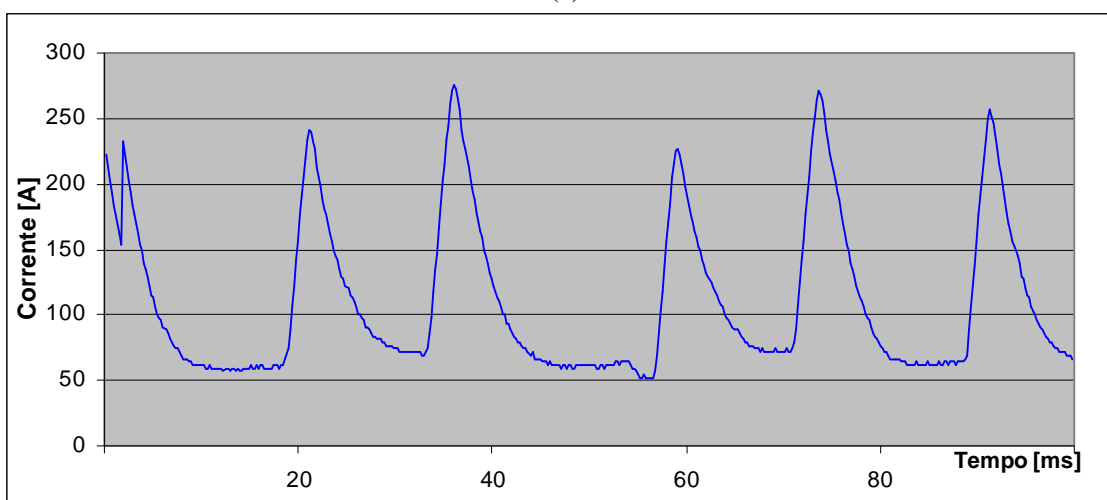



Figura 5.2 – Oscilogramas U [V] x t [ms] e I [A] x t [ms] para Ks =30; Kd =30 e Va = 4,0 m/min; Uref.=19V; eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm; gás Ar + 8% CO_2***; Vs = 40 cm/min.***

a) Introdução

Em soldagens MIG/MAG convencionais com baixas correntes médias, a transferência metálica se efetua por curtos-circuitos. Cada gota se transfere por ocasião do estabelecimento de um contato físico desta com a poça líquida. Neste instante, várias forças atuam para que a gota se transfira para a peça. A mais importante é devido ao efeito de pinçamento, que ocorre pelo súbito aumento da corrente, empurrando a gota em direção à poça.

A concepção da corrente pulsada para o controle da transferência metálica não é nada mais que uma metodologia de antecipação de picos de corrente para transferir as gotas antes que estas curto-circuitem na peça. Com isso, evita-se intensas salpicagens e tem-se um arco com uma pressão razoavelmente homogênea sobre a poça líquida.

Entretanto, os picos de corrente (pulsos), devem satisfazer certos requisitos para que estes objetivos sejam alcançados. Assim, o tempo de permanência no valor de pulso deve ser tal que a energia gerada seja suficiente para a complementação da formação da gota e sua expulsão. A elevada corrente de pulso necessária para tanto impõe que a corrente de base ou o seu respectivo tempo (tb) sejam ajustados em valores tais que possa ser obtida uma corrente média dentro dos valores necessários e desejáveis à operação de soldagem.

A seleção correta das grandezas envolvidas no processo é de fundamental importância para que os objetivos da utilização da corrente pulsada sejam atingidos. Tal tarefa, porém, tem sido uma das principais razões para a falta de popularidade da soldagem MIG/MAG pulsada na indústria.

Para entrar no **MIG pulsado**, estando no menu inicial, deve-se pressionar a tecla correspondente ao processo “**MIG**” e depois a tecla correspondente a “**MIG pulsado**”, onde aparecerão as opções: **modo corrente** e **modo misto**.

b) Corrente pulsada no modo corrente

Se for escolhida a opção “**modo corrente**”, a fonte estará preparada para fornecer ao arco voltaico uma energia em que a corrente de soldagem se afigura como uma grandeza independente, isto é, diretamente determinada. A tensão, neste caso, é que se caracterizará numa grandeza dependente das características do arco. Assim sendo, as grandezas que a fonte controla estão representadas no oscilograma da fig. 5.3.

Neste modo de operação do equipamento, pode-se optar por dois caminhos: um deles, designado com “**normal**”, é o que o operador se incumbe de fornecer todas as variáveis apresentadas na fig. 5.3 e mais a velocidade do arame-eletrodo, **“Va”.** O outro caminho é a operação pelo modo “**sinérgico”**, em que a seleção das já citadas variáveis é realizada automaticamente pelo equipamento. Entretanto, para as duas situações possíveis, o operador deve atentar para a opção **“configurar”**, a qual tem a principal incumbência de ajustar uma situação adequada para a abertura do arco. Assim, deve-se ajustar um valor de tensão, **“Ucc”**, característico da existência de curto circuito, para que, quando da ocorrência deste, atue uma corrente relativamente alta, **“Icc”** (corrente de curto circuito). Estes valores devem variar de

material para material e também de bitola a bitola de arame, porém, um valor indicativo pode ser proposto, Ucc = 10 V e Icc = 300 A.

b.1) MIG pulsado normal

Nesta opção, o operador tem de selecionar, individualmente, como já foi dito, todas as variáveis apresentadas na fig. 5.3 e mais a velocidade de avanço do arame-eletrodo, **"Va"**. Assim, serão 5 variáveis, se o caminho tomado for o pulsado não térmico. Entretanto, se a opção for o térmico, haverá mais algumas outras variáveis.

b.1.1) MIG pulsado normal sem pulsação térmica

Optando-se pela soldagem "**não térmico**", surgirão no "display": "**variáveis**", "**salvar**" e "**hab. solda**". Deve-se fazer o ajuste das variáveis, pressionando-se a tecla "**variáveis**". Feito isto, surgirão no "display" os valores de "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tp**" (tempo de pulso), "**tb**" (tempo de base) e "**Va**" (velocidade de mergulho do arame). Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento;

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se **Volta**r e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**". Para iniciar a soldagem basta pressionar o botão da tocha. Nesse instante aparecerão no "display" os valores das variáveis acima. Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

b.1.2) MIG pulsado normal com pulsação térmica

Optando-se pela soldagem com pulso **"térmico**" surgirão no "display": "**variáveis**", "**salvar**" e "**hab. solda**". Deve-se fazer o ajuste das variáveis, pressionando-se a tecla "**variáveis**". Feito isto, surgirão no "display" as opções "**início**", "**soldagem**" e "**fim**";

Pressionando-se a tecla correspondente a "**início**", procede-se o ajuste das variáveis da fase inicial da soldagem, tais como: "**Ip**" (corrente de pulso)**,** "**Ib**" (corrente de base), "**tp**" (tempo de pulso)**,** "**tb**" (tempo de base) e "**Va**" (velocidade de mergulho do arame). Ao se pressionar estas teclas, surgirão no "display" valores para estas variáveis. A informação "**início**" que aparece ao lado destes valores serve apenas para indicar que estas variáveis correspondem à fase de início da soldagem (período em que permanece pressionado o botão da tocha, como explicado no item 5.2-7);

Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento e decremento (9), situada ao lado direito do painel (IHM);

Para se realizar os ajustes das variáveis da fase de "**soldagem**", pressiona-se a tecla **Voltar** que está localizada à esquerda no painel (IHM) e após, a tecla "**soldagem**" no "display", aparecendo as designações "**pulso**" e "**base**".

Para se definir as variáveis de pulso térmico, pressiona-se a tecla "**pulso**" do painel. Assim, surgirão no "display": **T1** (tempo em que vai atuar o pulso térmico), "**Ib**" (corrente de base), "**tb**" (tempo de base) e "**Va**" (velocidade de mergulho do arame);

Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento e decremento, situada no lado direito do painel (IHM). As demais variáveis (**Ip** e **tp**), permanecem com o mesmo valor ajustado para a fase de início da soldagem, pois estes valores são intrínsecos ao diâmetro e tipo de arame e tipo de gás para se obter um bom destacamento de gota;

Para se definir as variáveis da base térmica, pressiona-se a tecla "**base**". Assim, surgirão no "display": **T2** (tempo em que vai atuar a base térmica), "**Va**" (velocidade de mergulho do arame), "**Ib**" (corrente de base) e "**tb**" (tempo de base). Os ajustes destes valores são realizados conforme o item anterior. As variáveis (**Ip** e **tp**) permanecem com o mesmo valor da fase **início** da soldagem devido ao que foi comentado no parágrafo anterior;

Para se realizar os ajustes das variáveis da fase de "**fim**" da soldagem (período em que permanece pressionado o botão da tocha), pressiona-se a tecla **Voltar** que está localizada à esquerda no painel (IHM) e após, a tecla "**fim**" no "display" para se dar entrada às variáveis "**Ib**", "**tb**" e "**Va**" da fase final. As demais variáveis (**Ip** e **tp)** permanecem com o mesmo valor ajustado para a fase de **início** da soldagem. Esses valores serão utilizados quando o soldador voltar a manter pressionado o botão da tocha;

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se **Volta**r e após "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**". Para iniciar a soldagem basta pressionar o botão da tocha como determinado no item 5.2-7. Nesse instante aparecerão no "display" a palavra "→ **base**" e os valores ajustados para as variáveis de soldagem da base térmica "**Ib**", "**Va**", "**tb**", "**T2**", e a palavra "**pulso**". Pressionando-se a tecla correspondente a palavra "**pulso**", surgirá a palavra "→ **pulso**" e as variáveis de pulso térmico "**Ib**", "**tb**", "**Va**", "**T1**", e a palavra "**base**". Caso se deseje voltar às variáveis de base, basta pressionar novamente a tecla correspondente à "**base**". A informação que está após a "→" significa que os valores que estão no "display" correspondem às variáveis daquela fase (pulso ou base). Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

b.2) MIG pulsado sinérgico

Como já foi mencionado, nesta opção há um certo automatismo na seleção das variáveis de soldagem. O operador tem de se preocupar agora é com os valores médios de corrente. No pulsado sinérgico sem pulso térmico, somente com uma corrente média e no pulsado sinérgico com pulso térmico, com quatro correntes médias.

b.2.1) MIG pulsado sinérgico sem pulsação térmica

Optando-se pela soldagem **"não térmico**" surgirão no "display" o tipo de material do eletrodo e seu diâmetro e **"confirma"**. Para se escolher qual o tipo de material e respectivo diâmetro pressiona-se a tecla de incremento e decremento (+ e -), situada ao lado direito do painel (IHM). Para confirmar o eletrodo pressiona-se então **"confirma"**;

Surgirão no "display" as opções: **"Im**" (corrente média), "**a**" (comprimento de arco), "**salvar**" e "**hab. solda**". Os ajustes dos valores das variáveis são realizados pressionando-se a tecla correspondente e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada ao lado direito do painel (IHM);

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**". Para iniciar a soldagem basta pressionar o

botão da tocha. Nesse instante aparecerão no “display” os valores das variáveis **“Im”** (corrente média), “**a**” (comprimento de arco). Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

b.2.2) MIG pulsado sinérgico com pulsação térmica

Optando-se pela soldagem com pulso **“térmico**”, surgirão no “display” o tipo de material do eletrodo e seu diâmetro e **“confirma”**. Para se escolher qual o tipo de material e respectivo diâmetro pressiona-se a tecla correspondente e a tecla de incremento. Para confirmar o eletrodo pressiona-se então **“confirma”**;

Após essa confirmação aparecerão no “display”: “**inicio/fim**”, “**pulso/base**”**,** “**hab. solda**” e “**salvar**”. Selecionado a tecla correspondente a “**inicio/fim**”, surgirão no “display”: **“Im_i”** (corrente média inicial), **“Im_f”** (corrente média final), “**a_i**” (altura de arco inicial), “**a_f**” (altura de arco final). Pressionando a tecla relativa a “**pulso/base**”, surgirão no “display”: “**Im_P**” (corrente média de pulso), “**Im_B**” (corrente média de base)**,** “**a_P**” (altura de arco no pulso), “**a_B**” (altura de arco na base), **“T1”** e **“T2”** (tempos de atuação do pulso e da base respectivamente).

Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada ao lado direito do painel (IHM);

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se **Voltar** e após, “**hab. solda**”. Assim, surgirá no “display” a informação “**Aguardando disparo...**”. Para iniciar a soldagem basta pressionar o botão da tocha, conforme explicado no item 5.2-7. Nesse instante aparecerão no “display” os valores das variáveis acima. Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

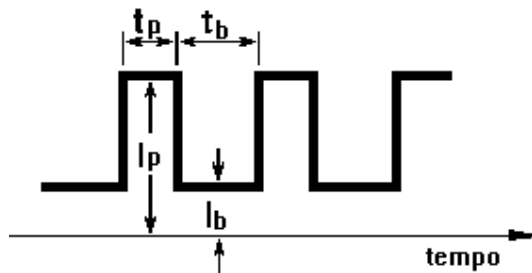



Figura 5.3 - Variáveis da corrente pulsada com imposição de corrente.

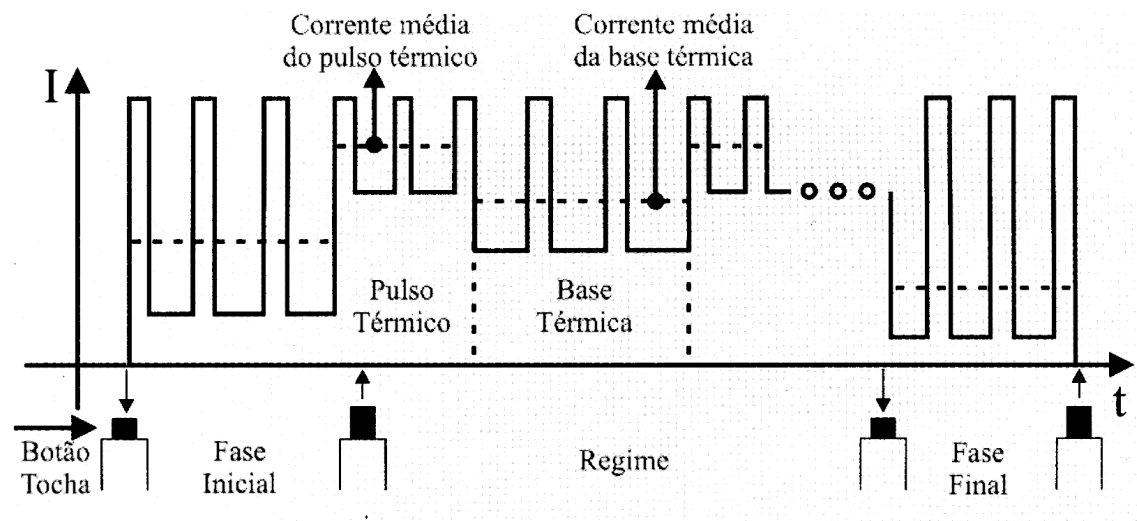



Figura 5.4 - Variáveis da corrente pulsada com imposição de corrente mostrando os pulsos térmicos e base térmica.

1. Soldagem MIG/MAG pulsada não térmica com imposição de corrente com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, corrente média de 50 A, eficaz de 79 A e Vs = 20 cm/min.

Ajustes da fonte:

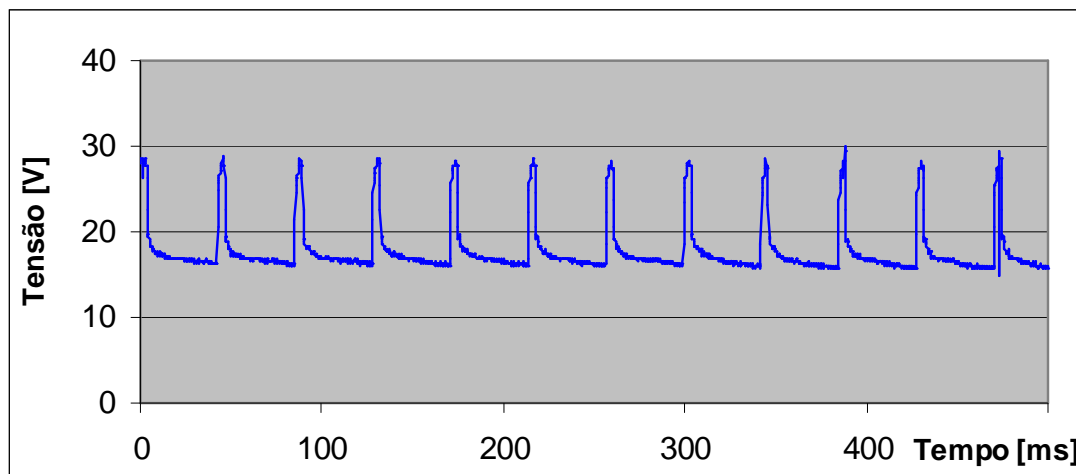
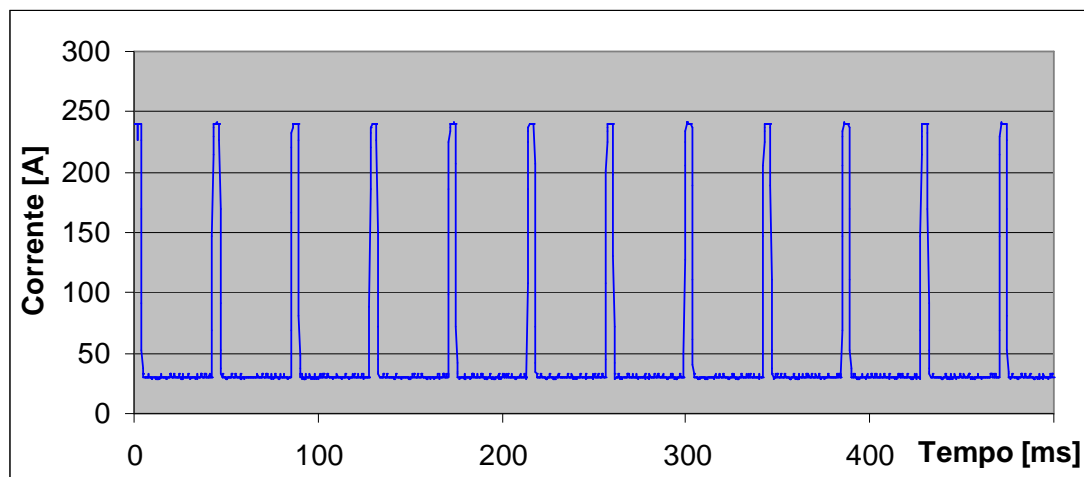
Ib = 30 A   Ip = 240 A   tb = 39 ms   tp = 4.1 ms   Va = 1.6 m / min

(a)

(b)

Figura 5.5- Oscilogramas U [V] x t [ms] e I [A] x t [ms] para o MIG / MAG pulsado.

2. Soldagem MIG/MAG pulsada não térmica com imposição de corrente com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, corrente média de 120 A, eficaz de 140 A e Vs = 20 cm/min.

Ajustes na fonte:

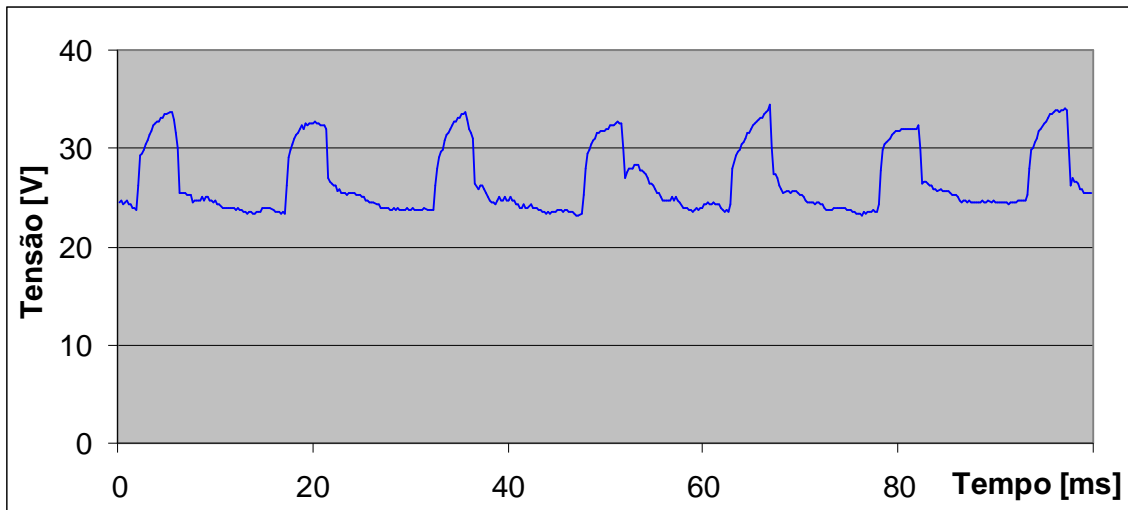
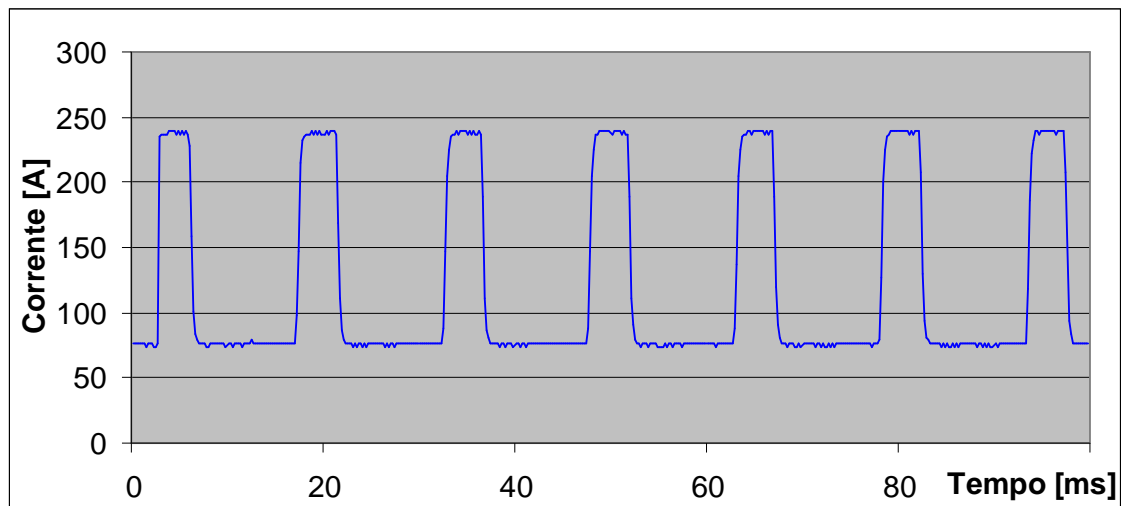
Ib = 76 A Ip = 240 A tb = 11.2 ms tp = 4.1 ms Va = 4.3 m / min

(a)

(b)

Figura 5.6 - Oscilogramas U [V] x t [ms] e I [A] x t [ms] para o MIG / MAG pulsado.

3. Soldagem MIG/MAG pulsada térmica com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm e Vs = 20 cm/min. Ajustes da fonte:

Inicio: Im = 40 A, Ip = 240 A, Ib = 22 A, tb = 45.1 ms, tp = 4.1 ms, Va = 1.4 m/min

Pulso Térmico: T1 = 0.5 s, Ib = 48 A, tb = 20.5 ms, Va = 2.8 m / min

Base Térmica: T2 = 0.5 s, Ib = 22 A, tb = 45.1 ms, Va = 1.4 m / min

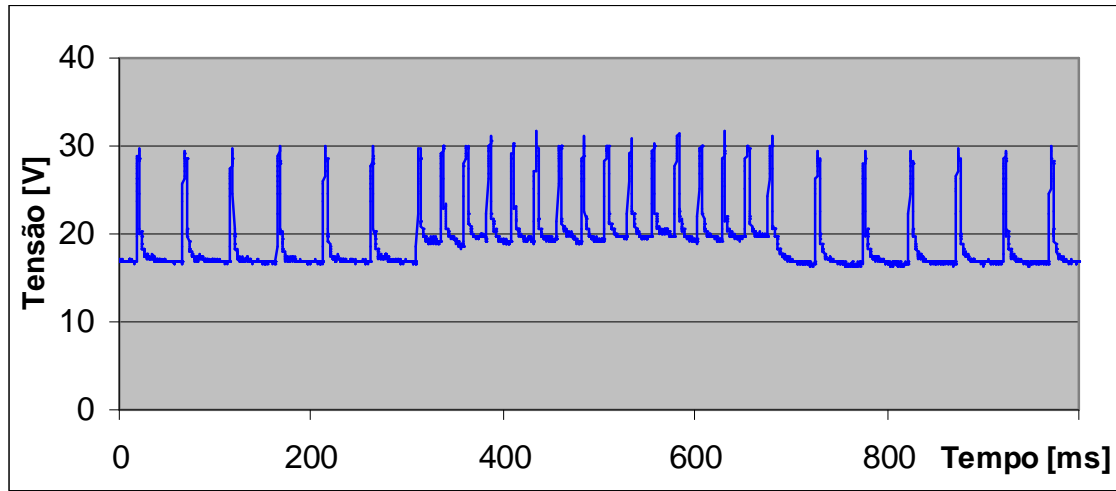
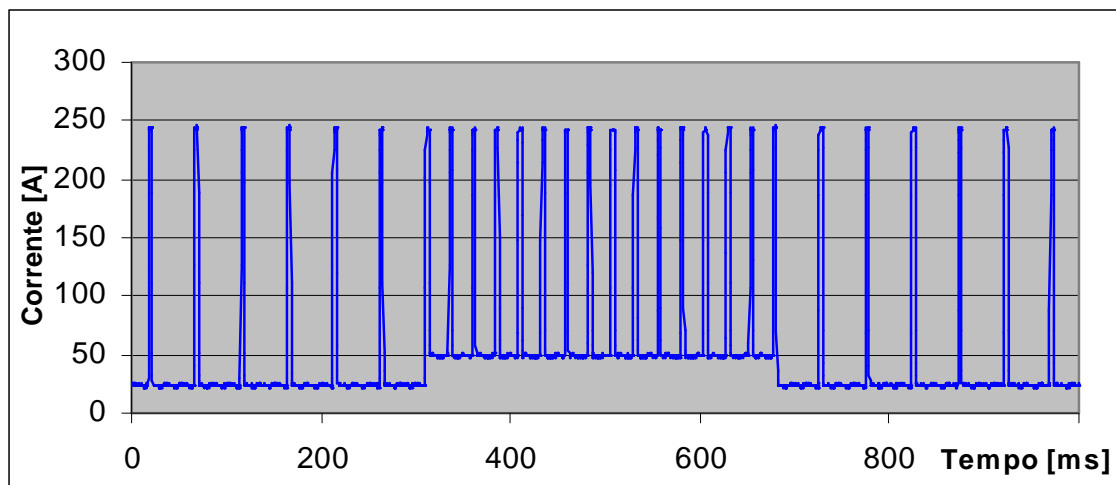
Fim: Ib = 22 A, tb = 45.1 A, Va = 1.4 m/min

(a)

(b)

Figura 5.7 - Oscilogramas U [V] x t [ms] e I [A] x t [ms] para o MIG / MAG pulsado térmico.

5.3.4 MODO MISTO

Pressionando-se no display a tecla "**MIG pulsado**" surgirão as opções "**modo corrente**" e "**modo misto**". Optando-se pelo **"modo misto"**, a fonte estará preparada para operar neste modo. O modo misto é apenas utilizado em soldagens MIG/MAG com corrente

pulsada. Caracteriza-se pela imposição da corrente na fase de base e pelo comando da tensão na fase de pulso (fig. 5.8).

Trabalhando-se em corrente pulsada, embora seja a corrente de pulso a variável que é diretamente relacionada na equação de destacamento de gota, o valor da tensão de pulso mantém uma relação biunívoca com a mesma. Isto significa que, a princípio, pode-se comandar a transferência metálica, seja pelo comando da corrente ou pelo comando da tensão. Da mesma forma, os valores da corrente e da tensão da fase de base podem ser ajustados, partindo-se de qualquer uma dessas variáveis. Assim, pode-se ter uma corrente pulsada utilizando-se vários critérios. Entretanto, a resposta dinâmica às perturbações da estabilidade do arco é diferente em cada um dos casos. Em função disso surgiram uma série de metodologias diferentes para comandar a transferência metálica em corrente pulsada, dentre elas o comando no modo misto.

Quando se utiliza a imposição de corrente, tanto na fase de base como na de pulso, as correntes média e eficaz estão perfeitamente definidas, o que significa que a velocidade do arame-eletrodo está quase 100 % definida. Isto implica que o processo não possui, por si só, uma grande capacidade de correção de instabilidades ocasionais.

Quando o arco, por uma eventualidade, diminui seu tamanho, a tensão também diminuirá, reduzindo a energia do arco e a capacidade de fusão do eletrodo. Este fato conduz inevitavelmente a uma interrupção do processo.

Para que situações como esta não sejam um impedimento total ao uso do processo, providências adicionais são necessárias para corrigir dinamicamente as instabilidades. Isto é realizado através de mecanismos de realimentação que se baseiam primordialmente na variação média da corrente para compensar os distúrbios ou na variação instantânea da velocidade de alimentação do arame-eletrodo, através do controle que é designado na literatura de “controle externo”.

Quando, entretanto, a variável a ser previamente definida for a tensão, a princípio, para que não se tenha uma interrupção total do processo, não se precisa ter nenhuma realimentação. Na prática, não há necessidade de utilização de um alimentador de arame com velocidade variável. Quando o arco, por exemplo, tender a um curto-circuito, certamente existirá uma anomalia na transferência, mas a fusão do arame-eletrodo não sofrerá descontinuidade devido ao aumento da corrente nas fases em que a fonte comanda a tensão. Isto caracteriza o que convencionalmente na literatura é designado como “controle interno”.

Isto é o que acontece quando a fonte está ajustada para soldar com o comando misto pois, a corrente na fase de pulso não é mantida num patamar único, e sim se ajusta em conformidade com as condições do arco.

A técnica de comando pelo modo misto surgiu com o intuito de facilitar o ajuste das variáveis de soldagem em corrente pulsada.

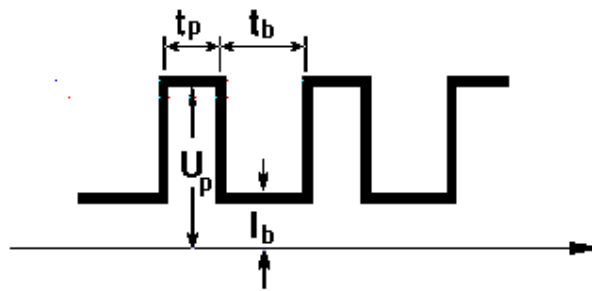



Figura 5.8 - Variáveis da corrente pulsada no modo misto

Ao se optar pelo "**modo misto**", surgirão no "display" as opções: "**normal"** e "**sinérgico"** *(não implementado)*. Deve-se, então, optar pelo modo "**normal**" e a seguir, "**não-térmico",** já que a opção **"térmico"**, ainda não foi implementada..

Optando-se pela soldagem "**não térmico**" surgirão no "display": "**variáveis**" , "**configurar**" *(não implementada)*, "**hab. solda",** "**programas**" *(não implementada)* e "**operador**" *(não implementada).* Deve-se fazer o ajuste das variáveis, pressionando-se a tecla "**variáveis**". Feito isto, surgirão no "display" os valores de " **Up**" (tensão de pulso), "**Ib**" (corrente de base), " **Va**" (velocidade de mergulho do arame), "**tp**" (tempo de pulso), "**tb**" (tempo de base) e **"dinâmica"**. Pressionando-se a tecla **"dinâmica"** aparecerão no "display" os valores de **"Ks"** (indutância de subida) e **"Kd"** (indutância de descida). Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento;

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se **Volta**r e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Solda habilitada. Aguardando disparo... [Voltar] desabilita a soldagem**". Para iniciar a soldagem basta pressionar o botão da tocha. Nesse instante aparecerá no "display " os valores das variáveis acima, podendo-se alterar estes valores durante a soldagem através das teclas de incremento e decremento.

1. Soldagem MIG/MAG pulsada não térmica no modo misto com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, corrente média de 30 A e eficaz de 62 A.

Ajustes da fonte:

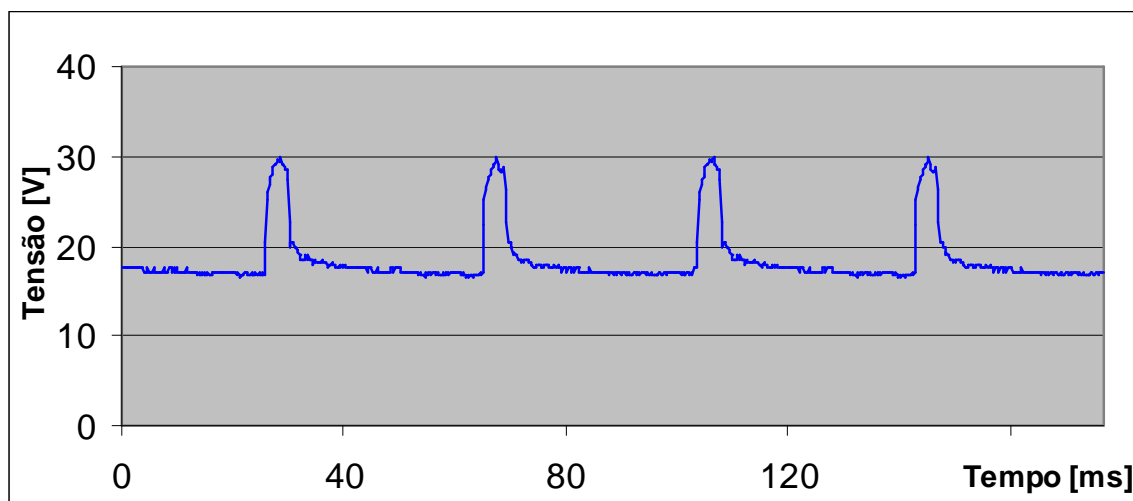
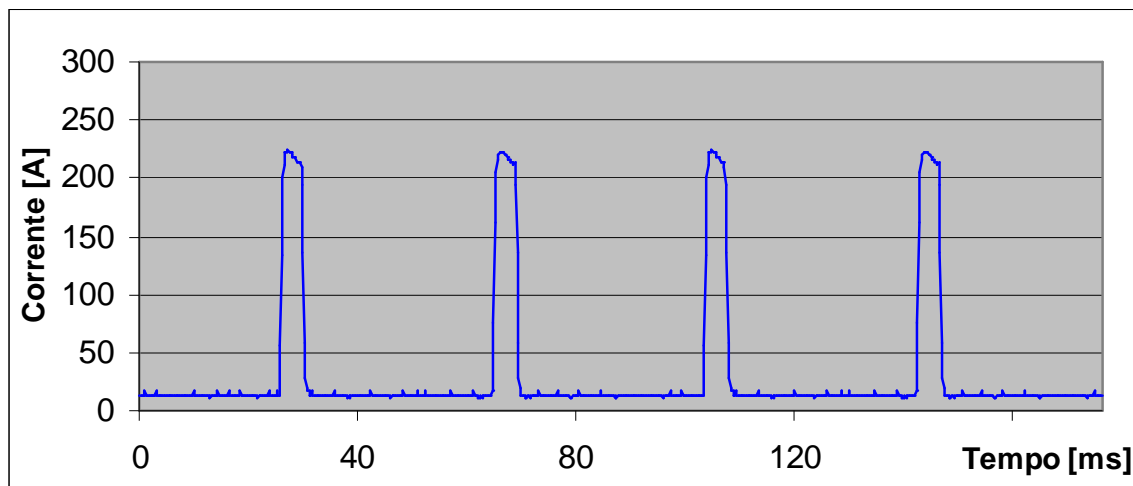
Ib = 16 A tb = 61.6 ms tp = 4.1 ms Va = 1.2 m / min Up = 29 V

(a)

(b)

Figura 5.9 - Oscilogramas U [V] x t [ms] e I [A] x t [ms] para o MIG / MAG pulsado

2. Soldagem MIG/MAG pulsada não térmica no modo misto com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, corrente média de 90 A e eficaz de 110 A.

Ajustes na fonte:

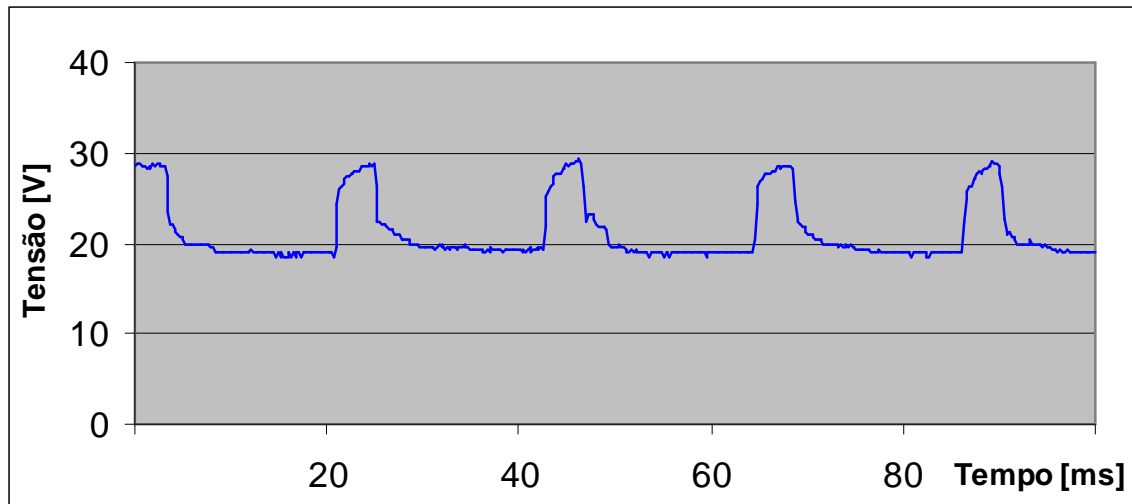
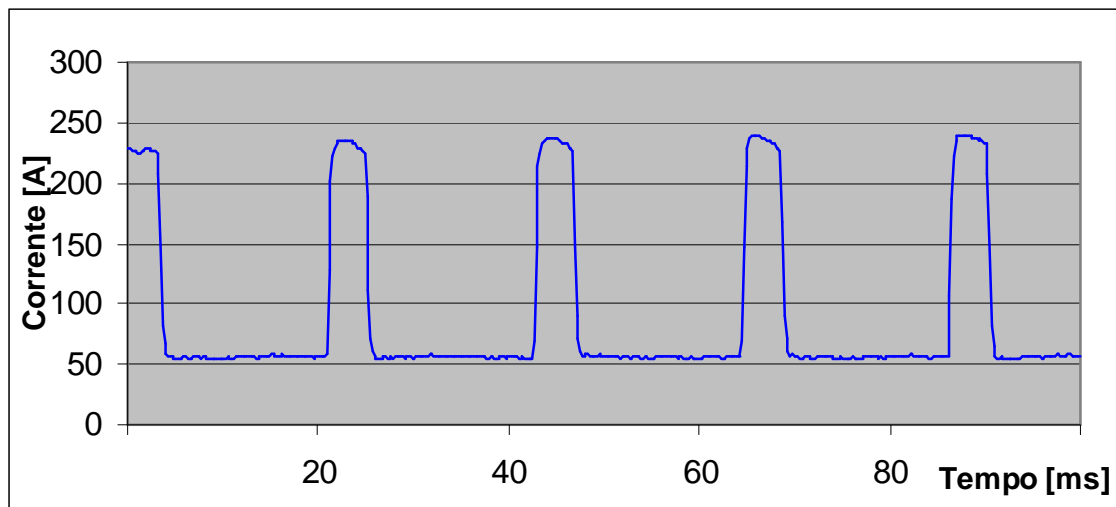



Figura 5.10 - Oscilogramas U [V] x t [ms] e I [A] x t [ms] para o MIG / MAG pulsado

6. OPERAÇÃO COMO FONTE TIG

6.1 INTRODUÇÃO

Na soldagem TIG, o arco voltaico é estabelecido entre um eletrodo “não-consumível” de tungstênio (puro ou ligado) e a peça.

A proteção durante a soldagem é obtida com um gás inerte, ou mistura de gases inertes. O gás remove o ar do contato com o metal fundido e com o eletrodo de tungstênio aquecido. Há pouco ou nenhum salpico e fumaça, porém, ocorre sensível emissão de energia radiante, notadamente raios ultravioleta.

A soldagem pode ser feita com ou sem adição de material. Quando é feita com material de adição, ele não é transferido através do arco, mas é fundido pelo arco.

A soldagem TIG é usada para executar soldas de alta qualidade na maioria dos metais e ligas. Não há escória (pois não há fluxo) e o processo pode ser usado em todas as posições. Permite obter uma solda de alta qualidade, só superada pelo processo PLASMA.

A soldagem TIG é um processo bastante adequado a espessuras finas devido ao excelente controle que se tem sobre o arco, uma vez que há maior independência entre o calor produzido e a fusão do material de adição. Ele pode também unir paredes espessas de chapas e tubos. Os passes de raiz de tubulações de aço carbono e aço inoxidável, especialmente aqueles de aplicações críticas são freqüentemente soldadas pelo processo TIG.

A soldagem TIG tem a possibilidade de soldar muitos tipos de metais (alumínio, magnésio, titânio, cobre e aços inoxidáveis) numa grande variedades de espessuras e em posições não possíveis por outros processos.

Uma consideração que se deve ter em mente é o ângulo da ponta do eletrodo de tungstênio, pois a conicidade afeta a penetração da solda. Se a ponta tornar-se aguda demais, a densidade de corrente aumenta nesta região, podendo atingir a temperatura de fusão, quando então irá se desprender do resto do eletrodo e fazer parte da poça metálica, constituindo, após sua solidificação, numa inclusão de tungstênio na solda.

6.2 COLOCANDO A FONTE EM OPERAÇÃO

Para adaptar a fonte de soldagem *DIGIPlus* para o processo TIG, os seguintes passos devem ser seguidos:

1 - Verificar se o cabo de alimentação da fonte (25) está conectado à caixa de fusíveis existente nas proximidades do local de soldagem antes de LIGAR a fonte (11). A capacidade dos fusíveis deve estar de acordo com a tabela 4.1;

2 - Conectar ao painel traseiro da fonte (item 3.3) os seguintes elementos listados a seguir:

– A mangueira de gás vinda do cilindro a ser utilizado na soldagem (18);

– saída de gás para a tocha (19);

– partida (16);

– conexão da pistola (24);

– conexão do cabo da polaridade positiva (22), o qual deve ser ligado à mesa de soldagem ou à peça.

Visto que a polaridade direta (CC-) produz menos aquecimento do eletrodo, maior aquecimento da peça e melhor estabilidade de arco, deve ser usada somente a polaridade direta.

3 - Ligar a máquina, pressionando por alguns segundos o botão verde da botoeira (11) localizada no painel inclinado, até que apareça no painel uma mensagem informado o modelo da fonte e versão.

4 - Abrir o gás de soldagem no cilindro e ajustar a vazão desejada;

5 – No caso de tocha refrigerada deve-se ligá-la a unidade de refrigeração.

Para o correto ajuste da vazão, deve-se prestar atenção no dispositivo de medição utilizado. Existem casos onde a válvula controladora da pressão não possui um ajuste da pressão de saída, sendo essa ajustada previamente pelo fabricante para um valor usualmente utilizado nos processos de soldagem. Se acoplado a essa válvula vier um fluxômetro, este estará calibrado para a referida pressão de saída.

Se o circuito de gás dentro da máquina e na pistola oferecer uma perda de carga muito grande, isto influenciará a pressão de saída da válvula e o fluxômetro indicará vazões falsas. Pode ocorrer também que nessas válvulas controladoras, a indicação do manômetro de baixa pressão esteja com escala de vazão (l/min) e aqui vale as mesmas observações sobre possíveis erros.

O mais correto seria utilizar válvulas que possuam o ajuste de pressão de saída. Nesse caso, deve-se regular a pressão de saída de forma que o valor dessa seja igual à pressão de calibração do fluxômetro utilizado.

Para contornar esses problemas, pode-se adotar o procedimento de medição explicado no item 4.2.1 para o ajuste da vazão. Os rotâmetros utilizados para esse procedimento são geralmente baratos e são calibrados para funcionar à pressão atmosférica, evitando assim, erros devido à pressão ajustada.

5 - Selecionar o modo de comando do operador, que pode ser por dois toques (2T) ou quatro toques (4T). Esta seleção é realizada no "display" do painel (IHM), pressionando-se a tecla correspondente a "**configurar**" e após, a tecla **"toques",** escolhendo entre "**2T**"(dois toques) ou "**4T**"(quatro toques) conforme se desejar. No sistema de dois toques, o soldador pressiona o gatilho, mantendo-o pressionado durante a soldagem, e o solta para o final da soldagem. No sistema de quatro toques, ao se pressionar e soltar o gatilho, tem-se o inicio da soldagem, devendo-se repetir essa ação para finalizar o processo;

6 - Para saber se a bomba de refrigeração da tocha está habilitada, pressiona-se a tecla "**configurar**". Assim, surgirá no "display" uma das indicações: "**bomba hab**" ou "**bomba des"**. Se a indicação for "**bomba hab**", a bomba será acionada ao se dar início à soldagem. Para escolher entre as duas opções deve-se pressionar a tecla correspondente à indicação, fazendo com que ela se altere;

7 - Selecionar o processo de soldagem TIG pressionando-se a tecla "**TIG/PLASMA**" no "display" do painel (IHM) e na seqüência a tecla "**TIG**". Ao pressionar-se esta tecla, surgirão

as opções "**TIG NORMAL**" e "**TIG PULSADO**". Chama-se de "**TIG NORMAL**" a soldagem com corrente contínua constante e de "**TIG PULSADO**" a soldagem com corrente contínua pulsada.

6.3 SOLDAGEM TIG EM CORRENTE CONTÍNUA CONSTANTE

1 - Pressionando-se a tecla "**TIG NORMAL**" no painel (IHM), a fonte estará habilitada a soldar pelo processo **TIG** em corrente contínua constante. Assim, surgirão no "display" "**variáveis**", "**configurar**", "**hab. solda**" e "**salvar**";

2 - Pressiona-se "**configurar**" para selecionar a "**Icc**" (corrente de curto circuito), "**Ucc**" (tensão de curto circuito), **"If"** (corrente final), **"tf"** (tempo final), "**ts**" (tempo de subida de rampa) e "**td**" (tempo de descida de rampa). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

- Para a abertura do arco, deve-se realizar um curto-circuitamento do eletrodo na peça. A fonte de soldagem *DIGIPlus* possui um controle eletrônico para isto, proporcionando uma abertura suave sem danificação da ponta do eletrodo. Este controle, designado em inglês como "Lift Arc", faz com que a corrente que flui durante o curto-circuito seja limitada a um valor mínimo (**Icc**) necessário para que ocorra o aquecimento do eletrodo e a conseqüente ionização do gás de proteção, possibilitando a abertura do arco sem que o eletrodo se aqueça demasiadamente e seja danificado. A tensão de curto circuito (**Ucc**) é o valor indicativo pelo qual o "software" interno da fonte poderá detectar a ocorrência do curto circuito no momento em que o eletrodo toca a peça;
- Valores recomendados: Os valores para a tensão de curto circuito (**Ucc**) são de 4 a 8 Volts. Para a corrente de abertura do arco (**Icc**) o valor vai depender do diâmetro do eletrodo:
  - para $1,6 \leq d \leq 3,2$ mm $\rightarrow$ **Icc =**10 a 15 A
  - para d = 4,0 mm $\rightarrow$ **Icc** = 20 a 25 A
- A corrente final (**If**) é o valor aplicado ao arco durante o tempo final (**tf**) anterior a extinção do arco no final da soldagem.

3 - Para se dar entrada às variáveis de soldagem pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**variáveis**". Surgirá no "display": "**I**" (corrente de soldagem). O valor pode ser ajustado pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

4 - Feito estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**";

5 - A abertura do arco deve ser feita encostando-se o eletrodo na peça e pressionando-se o botão da tocha, conforme explicado no item 6.2-5. Após uma pequena fração de tempo o eletrodo pode ser afastado, abrindo o arco imediatamente. Nesse instante aparecerá no "display" o valor da corrente de soldagem. Para ajustar esse valor, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

O fundamento básico da aplicação da corrente pulsada no processo TIG é a aplicação de uma elevada corrente de pulso para causar uma intensa penetração no metal de base. Se esta elevada corrente fosse mantida levaria a uma excessiva penetração e a perfuração do metal de base. Entretanto, o pulso termina após um determinado tempo e, estando sob a ação da corrente de base, a poça metálica solidifica-se. A técnica de pulsação vem mostrando-se particularmente benéfica no controle da penetração da soldagem.

Para soldar em corrente contínua pulsada, tendo-se executado todos os passos descritos na seção 6.2, procede-se conforme a seguir:

1 - Pressionando-se a tecla "**TIG PULSADO**" no painel (IHM), a fonte estará habilitada a soldar pelo processo **TIG** em corrente contínua pulsada. Assim, surgirão no "display" "**variáveis**", "**configurar**", "**hab. solda**" e "**salvar**";

2 - Pressiona-se "**configurar**" para selecionar a "**Ucc**" (tensão de curto circuito), "**Icc**" (corrente de curto circuito), **"If"** (corrente final), **"tf"** (tempo final), "**ts**" (tempo de subida da rampa), "**td**" (tempo de descida da rampa). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

- Valores recomendados: Os valores para a tensão de curto circuito (**Ucc**) são de 4 a 8 Volts. Para a corrente de abertura do arco (**Icc**) o valor vai depender do diâmetro do eletrodo:
  - para $1{,}6 \leq d \leq 3{,}2$ mm $\rightarrow$ **Icc =**10 a 15 A
  - para d = 4,0 mm $\rightarrow$ **Icc** = 20 a 25 A
- A corrente final (**If**) é o valor aplicado ao arco durante o tempo final (**tf**) anterior a extinção do arco no final da soldagem.

3 - Para se dar entrada às variáveis de soldagem para a corrente contínua pulsada (fig. 6.1) pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**variáveis**". Surgirão no "display": "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tb**" (tempo de base) e "**tp**" (tempo de pulso). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

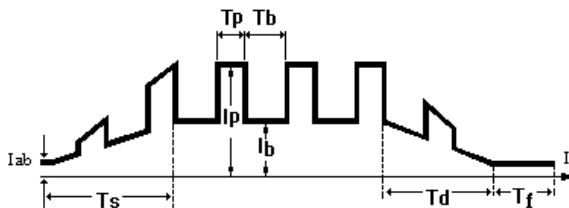



Figura 6.1 - Variáveis de soldagem TIG - CC pulsada

4 - Feitos estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Ao se iniciar a soldagem surgirão no "display" os valores de "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tb**" (tempo de base) e "**tp**" (tempo de pulso). Desejando-se aumentar ou diminuir estes valores, atua-se na tecla de incremento e decremento;

5 - É importante verificar se as rampas de subida e descida da corrente foram ajustadas adequadamente;

6 - Feitos os ajustes descritos acima, a fonte estará preparada para a soldagem. A partida deve ser realizada por toque do eletrodo na peça, conforme descrito anteriormente.

6.4.1 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA SOLDAGEM TIG-CC PULSADA

Embora estando o soldador ciente das vantagens da corrente pulsada no processo TIG, esta técnica pode parecer um tanto complicada devido ao grande número de variáveis de soldagem que deve ser considerado:

- Corrente de pulso
- Tempo de pulso
- Corrente de base
- Tempo de base
- Ajustes das rampas

A técnica pode ser simplificada, em uma primeira instância, com o conhecimento de que, para um dado material, há um determinado nível de corrente de pulso ideal, ficando o tempo de pulso diretamente relacionado com a espessura do material. Portanto, para um dado componente, o soldador precisa ajustar apenas o tempo de pulso para obter a penetração desejada, que é determinada pela espessura do metal de base.

As variáveis de base (corrente e tempo) são consideravelmente menos críticas. Normalmente, a corrente de base é ajustada para algo em torno de 15 A, nível este que garante a estabilidade do arco. O tempo de base depende fundamentalmente da velocidade de soldagem para não causar descontinuidade na solda, mas normalmente não excede a três vezes o tempo de pulso.

As considerações feitas acima devem servir apenas como ponto de partida para o ajuste das variáveis da corrente pulsada, e devem ser tratadas com cautela, particularmente em soldagens nos limites extremos de espessura, ou seja, seções maiores de 3 mm e menores de 1 mm.

A corrente alternada também pode ser usada em processos TIG, especialmente destinadas a soldar alumínio, magnésio e suas ligas. Em corrente alternada, os tempos de eletrodo positivo promovem uma eficiente limpeza catódica do filme de óxido existente na superfície do metal. Comparado com a soldagem TIG CC, a desvantagem da corrente alternada está na pequena capacidade de penetração do arco, devido ao rápido arredondamento da ponta do eletrodo, devido ao intenso aquecimento verificado durante o semi-ciclo positivo.

A fonte *DIGIPlus* modelo AC foi desenvolvida de forma a fornecer uma corrente alternada de onda retangular (square wave arc), ao invés de corrente alternada de onda senoidal. Desta forma, evita-se o inconveniente da necessidade de um ignitor de alta freqüência e diminui-se o aquecimento do eletrodo e aumenta-se a penetração para uma mesma corrente eficaz pelo uso de tempos menores em polaridade inversa.

A seleção deste processo é feita navegando-se pelo MENU, escolhendo-se o processo TIG e após TIG AC.

A corrente alternada poderá ser em regime constante ou pulsado. As variáveis de ajuste em cada caso são um pouco diferentes, como é descrito a seguir.

6.5.1 - AJUSTE DAS VARIÁVEIS PARA TIG CA-NÃO PULSADA

Para soldar em corrente alternada não pulsada deve-se selecionar esta modalidade no display, sendo então ajustadas apenas I3,I4,t3 e t4.

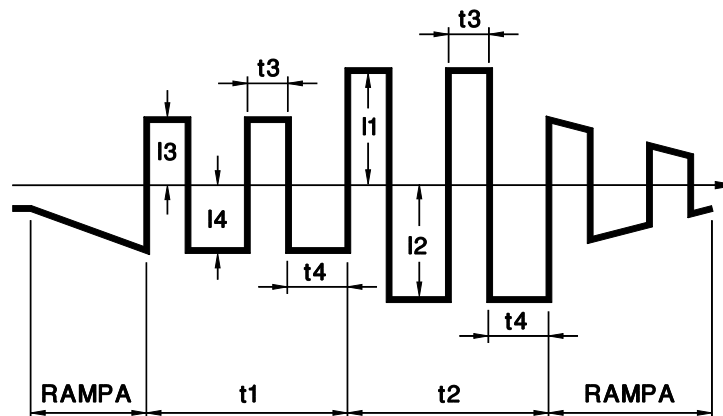



Figura 6.2 - Variáveis de soldagem TIG - CA

a) Ajustar a corrente positiva de soldagem I3 na opção(16). Esta corrente, sendo de polaridade inversa, é a responsável pela limpeza da camada óxida do material.

b) Ajustar a corrente negativa de soldagem I4 na opção(17). Note que a polaridade direta (negativa) é visualizada no display “REFERÊNCIA” (13) pelo sinal de “menos” antes da corrente ajustada.

c) Ajustar o tempo em polaridade inversa t3 na opção(20).

d) Ajustar o tempo em polaridade direta t4 na opção(21).

Dado Prático: Na maioria dos casos, o ajuste do tempo em polaridade inversa de 3 ms e em polaridade direta de 9 a 12 ms mostrou-se o mais adequado. Para casos especiais, caso o arco tenda a se extinguir, utilizou-se um tempo em polaridade inversa de 1,5 ms contra 9 ms em polaridade direta, obtendo-se bons resultados.

e) Verificar se as rampas de subida e descida da corrente foram ajustadas adequadamente, conforme descrito nos procedimentos gerais para todas as modalidades TIG.

Feitos os ajustes descritos acima, a fonte estará preparada para a soldagem.

A abertura do arco deve ser feita encostando-se o eletrodo na peça conforme descrito no item 6.3.2.

A partida em corrente alternada dá-se em corrente contínua direta, para facilitar a abertura do arco. A corrente alternada é estabelecida somente após o término do tempo de rampa.

6.5.2 - AJUSTE DAS VARIÁVEIS PARA TIG CA- PULSADA

Para soldar em corrente alternada pulsada, deve-se selecionar esta opção no MENU e ajustar todas as variáveis que compões a forma de onda, conforme :

a) Ajustar a corrente positiva da fase de base I3 na opção(16). Esta corrente, sendo de polaridade inversa, é a responsável pela limpeza da camada óxida do material, na fase de base (de intensidade menor).

b) Ajustar a corrente negativa da fase de base I4 na opção(17). Note que a polaridade direta (negativa) é visualizada no display "REFERÊNCIA" (13) pelo sinal negativo antes da corrente ajustada.

c) Ajustar a corrente positiva da fase de pulso I1 na opção(14). Esta corrente, sendo de polaridade inversa, é a responsável pela limpeza da camada óxida do material, na fase de pulso (de intensidade maior).

d) Ajustar a corrente negativa da fase de pulso I2 na opção(15). Esta corrente, sendo de polaridade direta, é a responsável pela penetração da solda na fase de pulso (intensidade maior). Note que a polaridade direta (negativa) é visualizada no display "REFERÊNCIA" (13) pelo sinal negativo antes da corrente ajustada.

e) Ajustar o tempo de polaridade inversa t3 na opção(20).

f) Ajustar o tempo de polaridade direta t4 na opção(21).

g) Ajustar o tempo de base, t1, na opção(18).

h) Ajustar o tempo de pulso, t2, na opção(19).

i) Verificar se as rampas de subida e descida da corrente foram ajustadas adequadamente, conforme descrito no item 6.2.

Feitos os ajustes descritos acima, a fonte estará preparada para a soldagem.

A abertura do arco deve ser feita encostando-se o eletrodo na peça conforme descrito no item 6.3.2.

A partida em corrente alternada dá-se em corrente contínua direta para facilitar a abertura do arco. A corrente alternada é estabelecida somente após o término do tempo de rampa.

7. OPERAÇÃO COMO FONTE PLASMA

7.1 INTRODUÇÃO

Para operar a *DIGIPlus* como fonte de soldagem PLASMA, é necessária a aquisição do MÓDULO PLASMA e da unidade de refrigeração à água. A instalação e a operação dos mesmos estará descrita nos respectivos manuais.

7.2 COLOCANDO A FONTE EM OPERAÇÃO

Para adaptar a fonte de soldagem *DIGIPlus* para o processo PLASMA, os seguintes passos devem ser seguidos:

1 - Verificar se o cabo de alimentação da fonte (25) está conectado à caixa de fusíveis existente nas proximidades do local de soldagem antes de LIGAR a fonte (11). A capacidade dos fusíveis deve estar de acordo com a tabela 4.1;

2 - Conectar elementos listados a seguir:

– A mangueira de gás vinda do cilindro a ser utilizado na soldagem (18);

– saída de gás para a tocha (19);

– partida (16);

– conexão da pistola (24);

– conexão do cabo da polaridade positiva (22), o qual deve ser ligado à mesa de soldagem ou à peça.

Visto que a polaridade direta (CC-) produz menos aquecimento do eletrodo, maior aquecimento da peça e melhor estabilidade de arco, deve ser usada somente a polaridade direta.

3 - Ligar a máquina, pressionando por alguns segundos o botão verde da botoeira (11) localizada no painel inclinado, até que apareça no painel (IHM) uma mensagem com o modelo e versão da fonte.

4 - Abrir o gás de soldagem no cilindro e ajustar a vazão desejada;

Para o correto ajuste da vazão, deve-se prestar atenção no dispositivo de medição utilizado. Existem casos onde a válvula controladora da pressão não possui um ajuste da pressão de saída, sendo essa ajustada previamente pelo fabricante para um valor usualmente utilizado nos processos de soldagem. Se acoplado a essa válvula vier um fluxômetro, este estará calibrado para a referida pressão de saída.

Se o circuito de gás dentro da máquina e na pistola oferecer uma perda de carga muito grande, isto influenciará a pressão de saída da válvula e o fluxômetro indicará vazões falsas. Pode ocorrer também que nessas válvulas controladoras, a indicação do manômetro de baixa pressão esteja com escala de vazão (l/min) e aqui vale as mesmas observações sobre possíveis erros.

O mais correto seria utilizar válvulas que possuam o ajuste de pressão de saída. Nesse caso, deve-se regular a pressão de saída de forma que o valor dessa seja igual à pressão de calibração do fluxômetro utilizado.

Para contornar esses problemas, pode-se adotar o procedimento de medição explicado no item 4.2.1 para o ajuste da vazão. Os rotâmetros utilizados para esse procedimento são geralmente baratos e são calibrados para funcionar à pressão atmosférica, evitando assim, erros devido à pressão ajustada.

5 - Selecionar o modo de comando do operador, que pode ser por dois toques ou quatro toques. Esta seleção é realizada no "display" do painel (IHM), pressionando-se a tecla correspondente a "**configurar**" e após, a tecla "**toques**", escolhendo entre "**2**" (dois toques) ou "**4**" (quatro toques) conforme se desejar. No sistema de dois toques, o soldador pressiona o gatilho, mantendo-o pressionado durante a soldagem, e o solta para o final da soldagem. No sistema de quatro toques, ao se pressionar e soltar o gatilho, tem-se o inicio da soldagem, devendo-se repetir essa ação para finalizar o processo;

6 - Selecionar o processo de soldagem PLASMA pressionando-se a tecla "**TIG/PLASMA**" no "display" do painel (IHM) e na seqüência a tecla "**PLASMA**". Ao pressionar-se esta tecla, surgirão as opções "**PLASMA NORMAL**" e "**PLASMA PULSADO**". Chama-se de "**PLASMA NORMAL**" a soldagem com corrente contínua constante e de "**PLASMA PULSADO**" a soldagem com corrente contínua pulsada.

7.3 SOLDAGEM PLASMA EM CORRENTE CONTÍNUA CONSTANTE

1 - Pressionando-se a tecla "**PLASMA NORMAL**" no painel (IHM), a fonte estará habilitada a soldar pelo processo PLASMA em corrente contínua constante. Assim, surgirão no "display" "**variáveis**", "**configurar**", "**hab. solda**" e "**salvar**";

2 - Pressiona-se "**configurar**" para selecionar a "**Icc**" (corrente de curto circuito), "**ti**" (tempo inicial), **"If"** (corrente final), **"tf"** (tempo final), "**ts**" (tempo de subida de rampa) e "**td**" (tempo de descida de rampa). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

- A corrente final (**If**) é o valor aplicado ao arco durante o tempo final (**tf**) anterior a extinção do arco no final da soldagem.

3 - Para se dar entrada às variáveis de soldagem pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**variáveis**". Surgirá no "display": "**I**" (corrente de soldagem). O valor pode ser ajustado pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

4 - Feito estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**";

5 - A abertura do arco aproximando o eletrodo na peça e pressionando-se o botão da tocha.

7.4 SOLDAGEM PLASMA EM CORRENTE CONTÍNUA PULSADA

Para soldar em corrente contínua pulsada, tendo-se executado todos os passos descritos na seção 7.2, procede-se conforme a seguir:

1 - Pressionando-se a tecla "**PLASMA PULSADO**" no painel (IHM), a fonte estará habilitada a soldar pelo processo PLASMA em corrente contínua pulsada. Assim, surgirão no "display" "**variáveis**", "**configurar**", "**hab. solda**" e "**salvar**";

2 - Pressiona-se "**configurar**" para selecionar a "**Icc**" (corrente de curto circuito), **"ti"** (tempo inicial), **"If"** (corrente final), **"tf"** (tempo final), "**ts**" (tempo de subida da rampa), "**td**" (tempo de descida da rampa). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

- A corrente final (**If**) é o valor aplicado ao arco durante o tempo final (**tf**) anterior a extinção do arco no final da soldagem.

3 - Para se dar entrada às variáveis de soldagem para a corrente contínua pulsada (fig. 7.1) pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**variáveis**". Surgirão no "display": "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tb**" (tempo de base) e "**tp**" (tempo de pulso). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

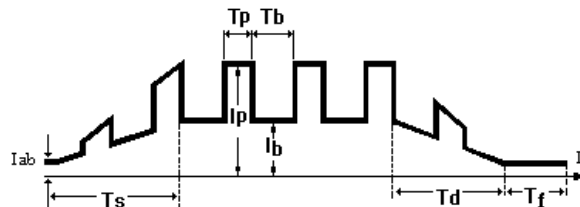



Figura 7.1 - Variáveis de soldagem PLASMA - CC pulsada

4 - Feitos estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Ao se iniciar a soldagem surgirão no "display" os valores de "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tb**" (tempo de base) e "**tp**" (tempo de pulso). Desejando-se aumentar ou diminuir estes valores, atua-se na tecla de incremento e decremento;

5 - É importante verificar se as rampas de subida e descida da corrente foram ajustadas adequadamente;

6 - Feitos os ajustes descritos acima, a fonte estará preparada para a soldagem. A partida deve ser realizada por aproximação do eletrodo na peça, conforme descrito anteriormente.

8. OPERAÇÃO COMO FONTE PARA ELETRODO REVESTIDO

8.1 INTRODUÇÃO

O processo de soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido consiste, basicamente, na abertura e manutenção de um arco elétrico entre um eletrodo consumível e a peça a ser soldada. O arco funde simultaneamente o eletrodo e a peça, e o metal fundido do eletrodo é transferido para a peça formando uma poça fundida, que é protegida da atmosfera (O_2, N_2) pelos gases de combustão do revestimento (fig. 7.1). O metal depositado e as gotas do metal fundido, que são ejetadas, recebem uma proteção adicional através do banho de escória que é formada por alguns componentes do revestimento. Sobre o metal de solda solidificado permanece uma camada de escória, também solidificada, mas de fácil destacamento, protegendo-o da atmosfera até seu resfriamento.

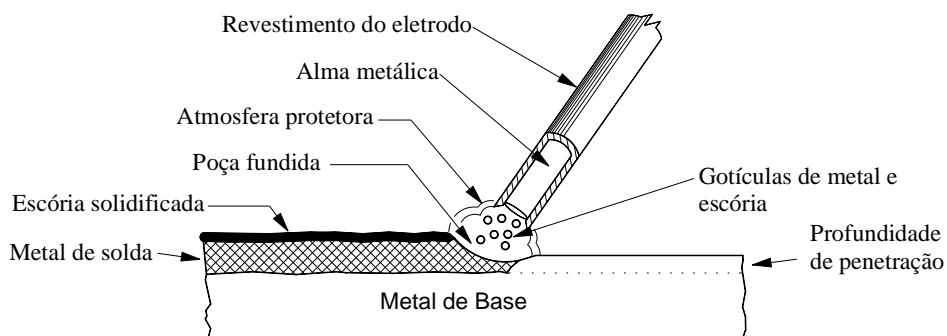



Figura 7.1 – Processo de soldagem com Eletrodo Revestido.

A escolha da polaridade depende do tipo de eletrodo, sendo o revestimento o fator determinante. Recomenda-se que sejam seguidas as instruções sobre polaridade, fornecidas pelo fabricante do eletrodo.

8.2 – CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS PARA A SOLDAGEM COM ELETRODOS REVESTIDOS.

8.2.1 – ACENDIMENTO RÁPIDO (HOT START)

Uma das características importantes do equipamento é o Acendimento Rápido do arco, também conhecido como “Hot Start”.

Com esta característica, a máquina proporciona uma corrente maior (Icc) do que a ajustada para a soldagem (Is), durante o intervalo de tempo em que o soldador mantém o eletrodo encostado à peça, conforme apresentado na figura 7.2. Isto proporciona um acendimento mais fácil do arco e reduz falhas de solda, tais como porosidades, normalmente presentes no início dos cordões de solda.

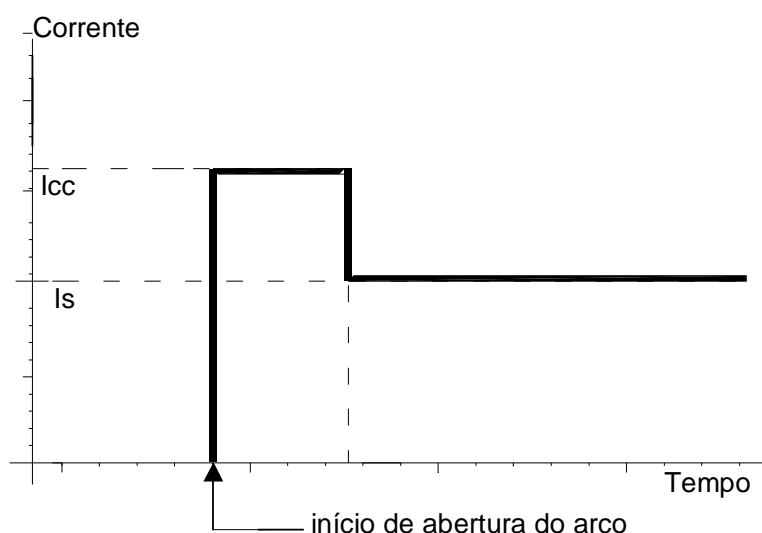



Figura 7.2 – Forma de onda da corrente no “Hot Start”

Como recomendação, cita-se uma corrente Icc de até 2,5 vezes a corrente de soldagem (Is).

Como informação para o equipamento do que significa estado de curto-circuito, existe um valor de tensão indicativo, relativo ao qual o soldador deve se preocupar. Como a tensão do arco é sempre maior do que 20 V para qualquer eletrodo revestido, esta tensão indicativa de curto-circuito deve ser sempre menor que este valor.

8.2.2 – ESTABILIZAÇÃO DO ARCO (ARC FORCE)

Esta é uma função idêntica à anterior que confere ao equipamento de soldagem uma sobre-corrente sempre que houver a tendência de uma extinção do arco. Este sistema funciona, como a função anterior, através da observação constante da tensão do arco,

observada pelo equipamento durante a soldagem, a qual irá proporcionar uma corrente maior na tentativa de restabelecer o arco.

Os ajustes para suprir o equipamento com esta característica são os mesmos do item anterior.

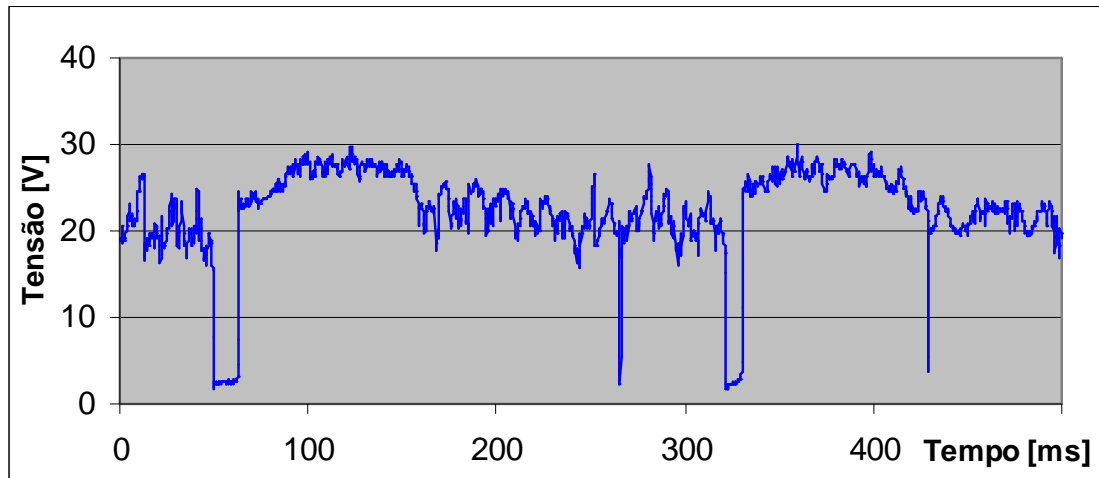
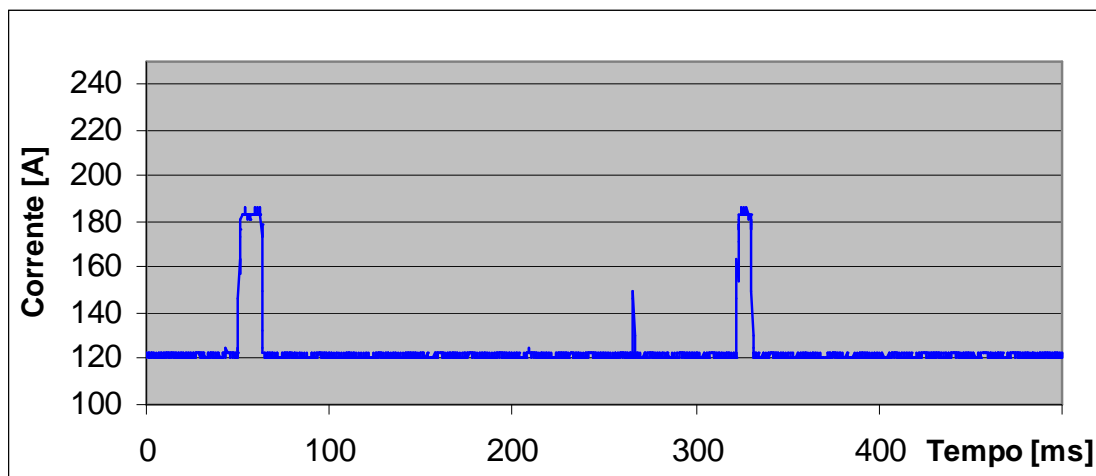
Os oscilogramas das figuras 7.3a e 7.3b, mostram a variação (U) x (t) e (I) x (t) no instante em que atua o dispositivo explicado. Realizou-se a soldagem nas seguintes condições: eletrodo tipo E 7018, diâmetro de 3,25 mm, Icc = 180 A, Is = 120 A e Ucc =5V.

(a)

(b)

Fig.7.3. Oscilogramas U [V] x t [ms] e I [A] x t [ms] para a Icc (corrente de curto circuito)= 180 A e Ucc (tensão de curto circuito) = 5 V

8.3 COLOCANDO A FONTE EM OPERAÇÃO

Para adaptar a fonte de soldagem *DIGIPlus* para o processo ELETRODO REVESTIDO, os seguintes passos devem ser seguidos:

1 - Verificar se o cabo de alimentação da fonte (25) está conectado à caixa de fusíveis existente nas proximidades do local de soldagem. A capacidade dos fusíveis deve estar de acordo com a tabela 4.1;

2 - Conectar ao painel traseiro da fonte o cabo do porta eletrodo (22) ou (24), dependendo do tipo de eletrodo que se está utilizando;

3 - Conectar a obra (24) ou (22), dependendo do tipo de eletrodo que se está utilizando, à mesa de soldagem ou à peça;

4 - Ligar a fonte, pressionando por alguns segundos o botão verde da botoeira (11) localizada no painel inclinado, até que apareça no painel uma mensagem informado o modelo da fonte e versão;

5 - Selecionar o processo de soldagem ELETRODO REVESTIDO, pressionando a tecla "**ELET REV**" no "display" do painel (IHM).

6 -Ao pressionar-se a tecla "**ELET REV**" surgirão as opções "**configurar**" , "**hab.solda**" e "**variáveis**";

7 - Pressiona -se "**configurar**" para selecionar a "**Ucc**" (tensão de curto circuito). O valor que aparece no painel pode ser ajustado pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

- No processo eletrodo revestido, caso o eletrodo apresente a tendência de colar na peça, então a tensão de curto circuito deve ser aumentada. Os valores recomendados para a tensão de curto circuito (**Ucc**) são de 10 a 15 Volts.

8 - Para se dar entrada às variáveis de soldagem pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**variáveis**". Surgirão no "display": "**Icc**" (corrente de curto circuito) e "**Is**" (corrente de soldagem). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel (IHM);

- O valor da corrente de curto circuito (**Icc**) vai depender da corrente nominal (**Im**) do eletrodo.

9 - Feitos estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" o valor de "**Is**" (corrente de soldagem);

10 - Desejando-se aumentar ou diminuir este valor, atua-se nas teclas de incremento e decremento.

9. OPERAÇÃO EM MODALIDADES AVANÇADAS

9.1 INTRODUÇÃO

Investimentos em novas tecnologias de eletrônica de potência, sistemas micro-controlados, software e estudos de novas modalidades de soldagem, possibilitaram que a IMC disponibilizasse novas modalidades de soldagem, ampliando a abrangência do processo MIG/MAG. As mesmas permitem um melhor controle sobre a transferência metálica, energia entregue ao arco e taxa de fusão, em especial o MIG/MAG FORMA DE ONDA possui recursos para aprimorar os estudos no campo da soldagem a arco.

9.2 MIG/MAG PULSADO COM CONTROLE ADAPTATIVO

O controle adaptativo visa manter a altura de arco, dentro de limites que garantam a estabilidade do arco, em aplicações onde ocorrem variações na distância bico peça durante a trajetória de soldagem, ou onde o aquecimento da peça ou outro fator influa na taxa de fusão do arame.

Esta forma de controle foi implementada nas seguintes modalidades de soldagem :

- MIG/MAG pulsado normal.
- MIG/MAG pulsado sinérgico normal.
- MIG/MAG pulsado AC.

O controle adaptativo é baseado na leitura de tensão durante um dado intervalo que compõe a forma de onda. A tensão obtida, que é reflexo da altura do arco, é comparada com a tensão de referência ajustada no menu de variáveis, e dependendo do resultado ações de controle serão geradas de forma a compensar eventuais variações da altura do arco.

O valor da tensão de referência é dependente de vários fatores, inclusive da modalidade de soldagem selecionada. Nas versões adaptativas dos processos MIG/MAG pulsado normal e pulsado AC, recomenda-se inicialmente determinar as variáveis de soldagem sem o controle adaptativo (opções definidas como normais), procurando-se executar a soldagem em condições controladas (por exemplo, depósito sobre chapa), de maneira a se ter um conjunto de variáveis com altura de arco conhecida. Após ser obtida uma situação de soldagem estável, deve-se repetir o ensaio na versão adaptativa com as variáveis que foram obtidas, então durante a solda ajustando-se a tensão de referência (Ua) até que se obtenha a altura de arco adequada.

Na versão sinérgica a tensão de referência, definida como parâmetro “a” é predeterminada, porém pode ser alterada caso seja necessário corrigir a altura do arco.

Para entrar no **MIG/MAG pulsado com controle adaptativo**, estando no menu inicial, deve-se pressionar a tecla correspondente ao processo “**MIG/ARCO SUB**” e depois a

tecla correspondente a “**PULSADO**”, onde aparecerá a opção **modo adaptativo**. Nesta opção irá aparecer as opções, sinérgico, normal e AC.

9.3 MIG/MAG PULSADO AC

O processo MIG AC é uma variação do processo MIG pulsado, em que é introduzido um intervalo com polaridade negativa na forma de onda de corrente, ou seja, enquanto o MIG pulsado apresenta dois intervalos, correspondentes a uma base positiva e um pulso positivo, Figura 5.8, o processo MIG AC possui adicionalmente uma base negativa, figura 9.1. A utilização deste intervalo negativo promove variações tanto na taxa de fusão do arame como no calor transferido ao metal de base.

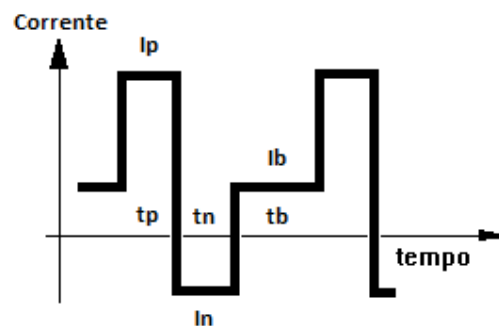



Figura 9.1 - Variáveis da corrente pulsada ac com imposição de corrente.

As variáveis que compõe a forma de onda são :

Ip e tp – Corrente e tempo de pulso na polaridade positiva;

In e tn – Corrente e tempo na polaridade negativa;

Ib e tb – Corrente e tempo de base na polaridade positiva;

O ajuste destas variáveis, juntamente, com a velocidade de arame é realizado no painel digital. Variações da forma de onda AC podem ser obtidas como MIG/MAG forma de onda, item 9.6.

9.4 MIG/MAG SOFT – Curto circuito controlado

O MIG/MAG soft é uma forma de transferência por curto circuito que opera com controle de corrente, tanto durante o curto circuito, quanto durante o arco. O ajuste adequado das variáveis de soldagem resulta em uma soldagem com baixa energia entregue ao arco, possibilitando um melhor controle da poça de fusão em soldas em chapas finas e passes de raiz. Esta opção é acessada na opção ESPECIAIS do menu MIG/ ARCO SUB.

Na figura 9.2 é apresentada a forma de onda desta modalidade, onde em amarelo é representada o período de curto circuito. O controle da corrente é feito, tanto durante o curto, quanto durante o arco. Durante o curto a corrente irá aumentar na taxa definida por Irps, até que ocorra a reabertura do arco. Após a reabertura, a fonte irá aplicar a corrente Ia, descendo de acordo com taxa Irpd, até atingir o valor de corrente If. A corrente irá permanecer em If até ocorrer o curto circuito. Após o curto circuito a corrente poderá permanecer, ainda, em If durante o tempo de atraso ta.

Nesta modalidade o tempo de atraso ta é relacionado com o assentamento da gota e Ia visa reduzir as perturbações no momento da reabertura, bem como, atuar sobre a energia fornecida ao arco.

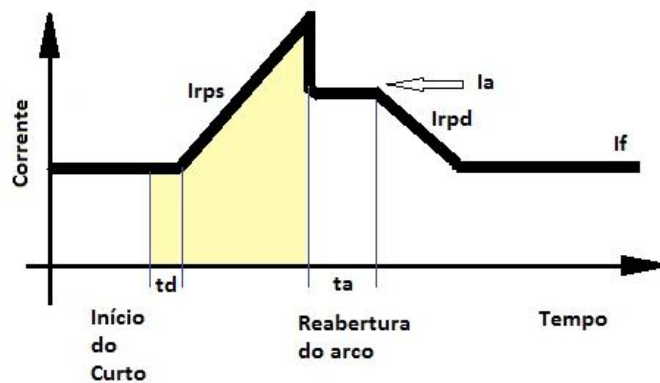



Figura 9.2 - Variáveis da modalidade MIG/MAG soft.

As variáveis que compõe a forma de onda são:

If - Corrente de manutenção do arco;

Ia – Corrente de pico de arco;

ta – tempo de pico de arco;

Irps – Taxa de variação de subida da corrente durante o curto em A/ms;

Irpd – Taxa de variação de descida da corrente em A/ms;

td – tempo de atraso de subida da corrente após o curto circuito (assentamento de gota).

Va – Velocidade de arame;

Os ajustes destas variáveis, juntamente, com a velocidade de arame é realizado no painel digital.

9.5 MIG/MAG CCC– Curto circuito controlado

O MIG/MAG CCC possui duas modalidades, o CCCI e o CCCU. O CCCI, da mesma maneira que o MIG/MAG soft, a transferência ocorre por curto circuito, tendo como característica o controle de corrente, tanto durante o curto circuito, quanto durante o arco. A diferença básica em relação ao soft está no maior número de variáveis e fases de ajustes, e também, no mecanismo de detecção da reabertura do arco, que é através de predição. Já no CCCU alguns princípios são semelhantes ao CCCI e outros ao MIG/MAG convencional com controle de tensão. No CCCU a rampa de subida no curto e a fase de arco dependem parcialmente da tensão de arco e dos efeitos indutivos.

De uma maneira geral, no CCC busca-se criar as condições para que o contato entre a gota metálica e a poça de fusão ocorra em baixo nível de corrente, bem como, no momento em que a ponte metálica formada entre a ponta do arame e a poça de fusão for se romper.

Na figura 9.3a é apresentada a forma de onda para o CCCI, onde em amarelo é representada o período de curto circuito, em verde a região de reabertura de arco. O controle da corrente é feito, tanto durante o curto, quanto durante o arco. No início do curto a corrente será reduzida para **Ic1** durante o tempo **tc1**, para assentamento da gota. Após a corrente irá para o valor **Ic3** e subirá em uma taxa definida por **di3** até que o sistema de controle detecte a eminência de reabertura de arco, momento que a corrente será reduzida para **Ic2**. A corrente permanecerá em **Ic2** durante **tc2**. Após o a reabertura do arco, a fonte irá aplicar a corrente **Ia1** durante o tempo **ta1**, descendo em rampa até **Ia2** durante o intervalo **tr1**. Após a corrente permanece em **Ia2** pelo período **ta2**. Por fim, a corrente irá decrescer em rampa até o valor **Ia3** durante o intervalo **tr2**, permanecendo neste valor até que um novo curto ocorra.

As variáveis que compõe a forma de onda são ajustadas via painel digital, são elas:

Ia1 - Corrente de pico de arco ;

Ia2 – Corrente para aumento da taxa de fusão;

Ia3 – Corrente de manutenção do arco;

di3 – Taxa de variação de subida da corrente durante o curto em A/ms;

tr1 – tempo de rampa do patamar 1 para o patamar 2;

tr2 – tempo de rampa do patamar 2 para o patamar 3;

tc1 – tempo assentamento da gota.

tc2 – tempo espera de reabertura.

Ic1 – Corrente de assentamento de gota.

Ic2 – Corrente de rompimento da ponte metálica.

Va – Velocidade de arame;

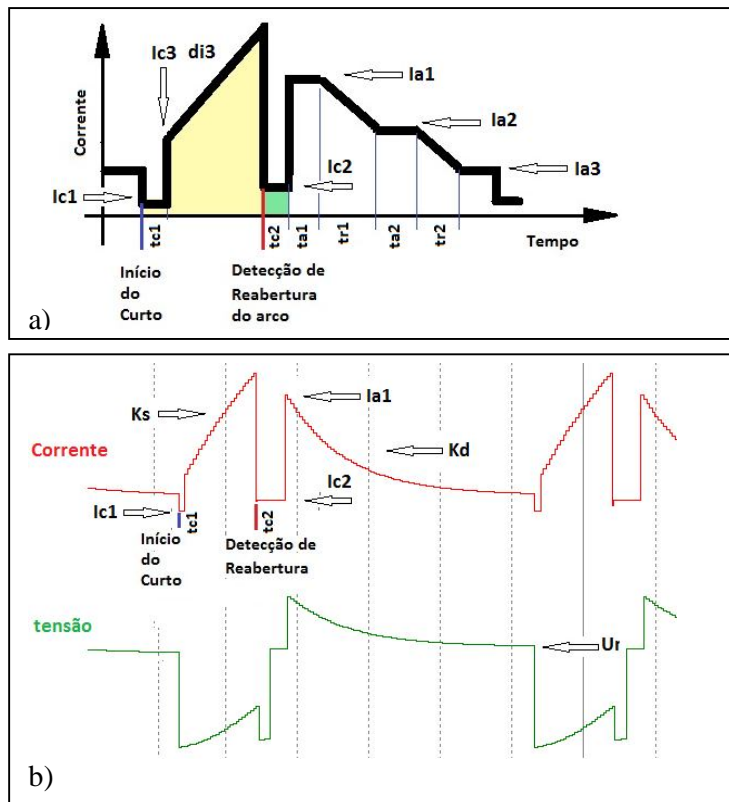



Figura 9.3 – Formas de onda da modalidade MIG/MAG CCC. a) CCCI b) CCCU

Na figura 9.3 b é apresentada a forma de onda do MIG/MAG CCCU. No início do curto a corrente será reduzida para **Ic1** durante o tempo **tc1**, para assentamento da gota. Após a corrente subirá em uma taxa definida por ks e Ur até que o sistema de controle detecte a eminência de reabertura de arco, momento que a corrente será reduzida para **Ic2**. A corrente permanecerá em **Ic2** durante **tc2**. Após o a reabertura do arco, a fonte irá aplicar a corrente **Ia1,** iniciando a fase de controle da tensão de arco até que ocorra um novo curto. Nesta fasede a taxa de decréscimo da corrente é definida por kd.

As variáveis que compõe a forma de onda são ajustadas via painel digital, são elas:

Ia1 - Corrente de início de arco ;

Ur – tensão de referência;

Ks – Inverso da indutância de subida;

Kd – Inverso da indutância de descida ;

Va – Velocidade de arame;

tc1 – tempo assentamento da gota.

tc2 – tempo espera de reabertura.

Ic1 – Corrente de assentamento de gota.

Ic2 – Corrente de rompimento da ponte metálica.

O ajuste adequado das variáveis de soldagem resulta em uma soldagem com baixa energia entregue ao arco e com baixa formação de salpicos, possibilitando um melhor controle da poça de fusão em soldas em chapas finas e passes de raiz.

ATENÇÃO: Nos modelos de cabeçote especiais para o CCC, devem ser feitas as conexões da leitura de tensão de arco na pistola e na peça, bornes marcados com Ua+ (pistola) e Ua- (peça). Caso a conexão não seja feita poderá não haver fusão do arame e o mesmo enrolar no alimentador, como também, poderá ocorrer a fusão do bico de contato.

9.6 MIG/MAG FORMA DE ONDA - Curto circuito controlado

O MIG/MAG forma de onda foi concebido para dar maior liberdade ao pesquisador, possibilitando o estudo de diferentes formas de onda, como também, testar formas de ondas encontradas em literaturas.

Nesta modalidade a forma de onda é dividida em dois períodos, o de arco e o de curto circuito. Para cada um dos períodos a forma de onda é definida através dos pontos de corrente, velocidade de arame e tempo. Estes pontos são fornecidos através do painel digital da fonte, ou desenhados no programa opcional denominado de SAC.

A identificação de se a solda está no período de arco ou de curto é através da leitura da tensão nos bornes de saída da fonte, que é reflexo da tensão entre bico e peça BCP. No menu CONFIGURAR existem ajustes de Ucc, Uab, e ta, sendo que o sistema de controle considera curto quando o valor de tensão BCP ficar inferior a Ucc, e que o arco reabriu quando a tensão BCP for superior a Uab. Já, **td** (tempo de atraso) define por quanto tempo a onda irá permanecer no valor corrente de arco após ser identificado o curto. A variável **td** pode ser usada para suprir toques da gota na poça por períodos pequenos (pseudo curtos).

Nesta modalidade, enquanto não ocorrer o curto a forma de onda definida no período de arco opção ARCO será repetida assim que o tempo de arco ultrapassar o tempo definido no último ponto. Da mesma forma, se a solda estiver no período de curto, quanto o tempo de curto ficar superior ao tempo definido no último ponto da forma de onda do curto esta se repetirá. Assim sendo, quando se deseja operar com transferência por curto circuito, os pontos finais de cada forma de onda (ARCO e CURTO) devem ser programados com tempos bastante superiores ao esperado para o arco e para o curto circuito, na figura 9.2 os pontos **Npa3** e **Npc2** foram programados assim. Isso faz com que a reabertura e o curto circuito ocorram antes que estes tempos sejam atingidos, evitando a repetição da forma de onda. Já no exemplo da figura 9.1, soldagem pulsada, se deseja que a forma de onda se repita, sendo a forma de onda do CURTO usada para permitir o re-estabelecimento do arco num eventual curto circuito.

Para se criar uma forma de onda deve-se definir o número de pontos que compõe a mesma para os dois períodos, de ARCO e CURTO. No menu de ARCO ou CURTO as variáveis a serem definidas são as mesmas. Nele devem ser fornecidas as variáveis. I e t para cada ponto, indicado por Np no painel. O número de pontos que compõe a forma de onda é definido pela variável Nt, cujo valor é o número de pontos menos 1, ex. para 4 pontos NT = 3.

Os dados a serem informados são:

I – Corrente para o ponto Np;

Va – Velocidade de arame;

t – tempo para o ponto Np em ms;

Np – Número do ponto que ser refere as variáveis ajustadas (o primeiro ponto => Np = 0);

Nt – Número de pontos totais da forma de onda (número de pontos -1).

No exemplo da figura 9.4, programa "defaut" da fonte, é apresentado o desenho da forma de onda para a soldagem com arame E70S6 1.2 mm no MIG/MAG pulsado.

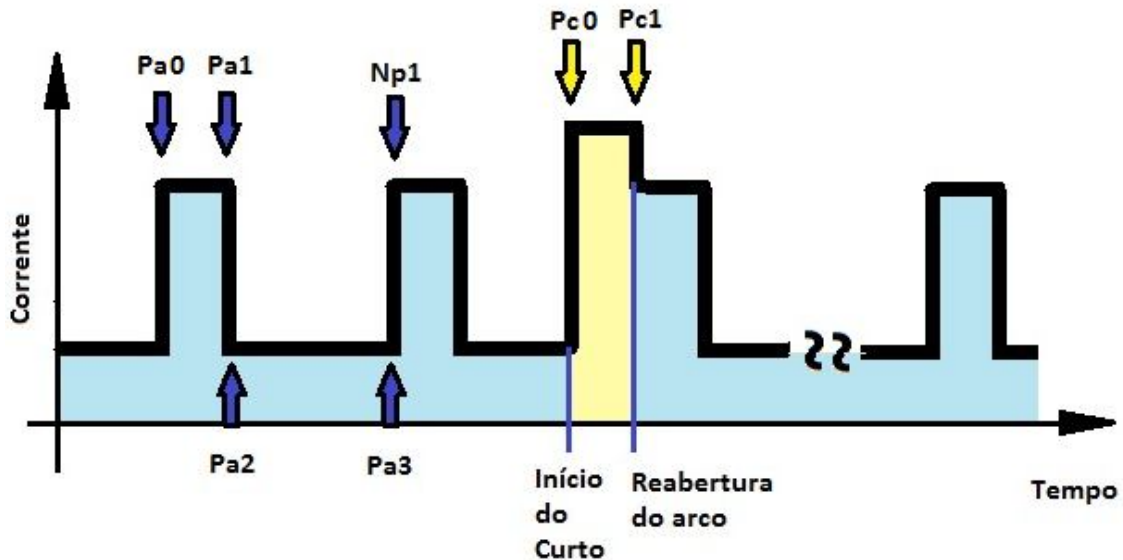



Figura 9.4 – Exemplo de forma de onda para o MIG/MAG pulsado.

As variáveis desta forma de onda estão na tabela 9.1.

TABELA 9.1

Dados da forma de onda para opção ARCO NT = 3 (4 pontos -1)			
Np	t (ms)	I (A)	Va (m/min)
Pa0	0	300	2.6
Pa1	4.1	300	2.6
Pa2	4.2	42	2.6
Pa3	18	42	2.6

Dados da forma de onda para opção CURTO NT = 1;			
Np	t (ms)	I (A)	Va (m/min)
Pc0	0	350	2.6
Pc1	4.1	350	2.6
Variáveis de configuração			
Ucc (V)	Ua (V)	ta (ms)	
12	20	0.5	

No exemplo da figura 9.5 é apresentado o desenho da forma de onda de uma variação do MIG/MAG Soft, os pontos que compõe a mesma são apresentados na tabela 9.2. O desenho é somente ilustrativo.

TABELA 9.2

Dados da forma de onda para opção ARCO NT = 3;			
Np	t (ms)	I (A)	
Pa0	0	200	
Pa1	3	100	
Pa2	6	50	
Pa3	20	50	
Dados da forma de onda para opção curto NT = 2;			
Np	t (ms)	I (A)	
Pc0	0	100	
Pc1	4	300	
Pc2	8	350	
Variáveis de configuração			
Ucc (V)	Ua (V)	ta (ms)	
12	20	0.5	

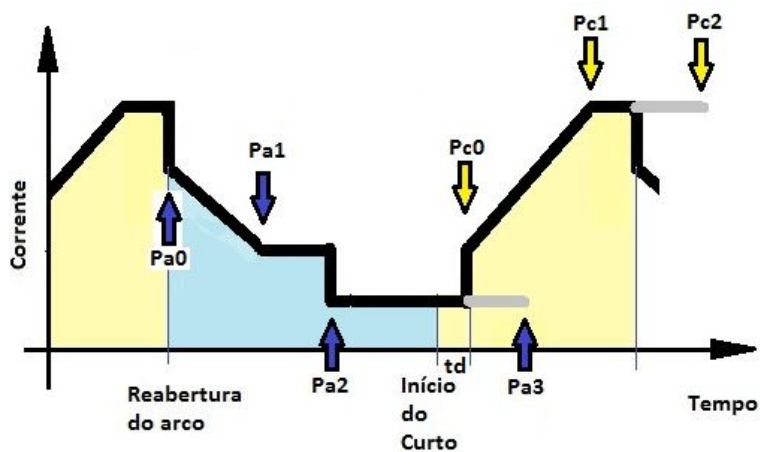



Figura 9.5 – Exemplo de forma de onda para o MIG/MAG pulsado.

9.7 SOLDAGEM PROGRAMADA.

A soldagem programada é acessada através do menu MIG/ARCO SUB. sub-opção SOLDAR P. A máquina irá executar a soldagem salva na opção SALVAR de cada modalidade. O número do programa é definido pela entrada digital I/O de três bits, sendo possível soldar com 8 programas diferentes. Os programas podem conter modalidades de soldagem diferentes, de forma que a fonte faz a transição automaticamente de uma modalidade para outra durante a soldagem. Caso não haja programa salvo no programa chamada a soldagem será encerrada.

10. PROCESSO PLASMA-MIG

O PLASMA-MIG é um processo de soldagem híbrido que reúne características de ambos, incorporando em uma única pistola de soldagem (Fig. 10.1) um arco plasma, gerado em um eletrodo permanente, e um arco MIG, produzido em um eletrodo consumível em forma de arame.

Este processo tem um grande potencial de aplicação no campo da soldagem, que é resultado de suas características e possibilidade de regulagem independente de cada arco permitindo atuar sobre a taxa de deposição e penetração distintamente.

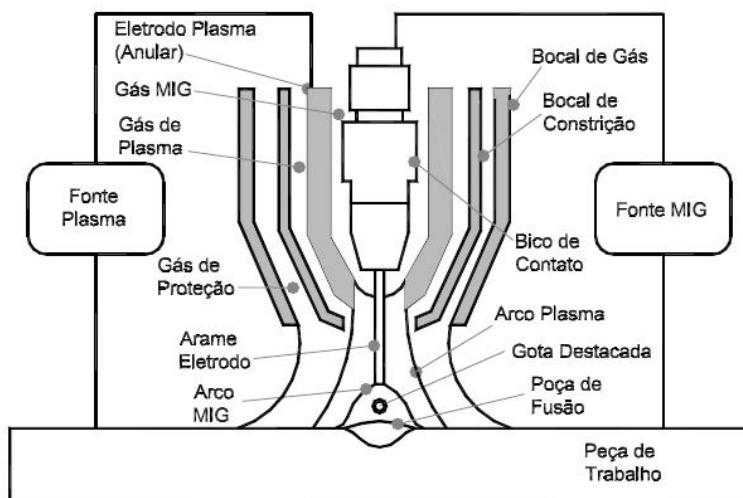



Figura 10.1 – Desenho ilustrativo do PLASMA-MIG.

Formação do arco PLASMA-MIG.

A abertura do arco PLASMA-MIG (Figura 10.2) é realizada em uma seqüência de etapas após o disparo da soldagem, a saber:

1 – Etapa de Avanço do Arame: Após o disparo a fonte avançará o arame até que o arame toque na peça. A identificação do toque do arame na peça é feito através da leitura da tensão da saída principal. A fonte possui uma tensão de saída remanescente na faixa de 20 V sem capacidade de fornecer corrente, assim quando o arame toca na peça essa tensão tende à zero sendo a corrente praticamente nula. Esse evento dá início a etapa 2.

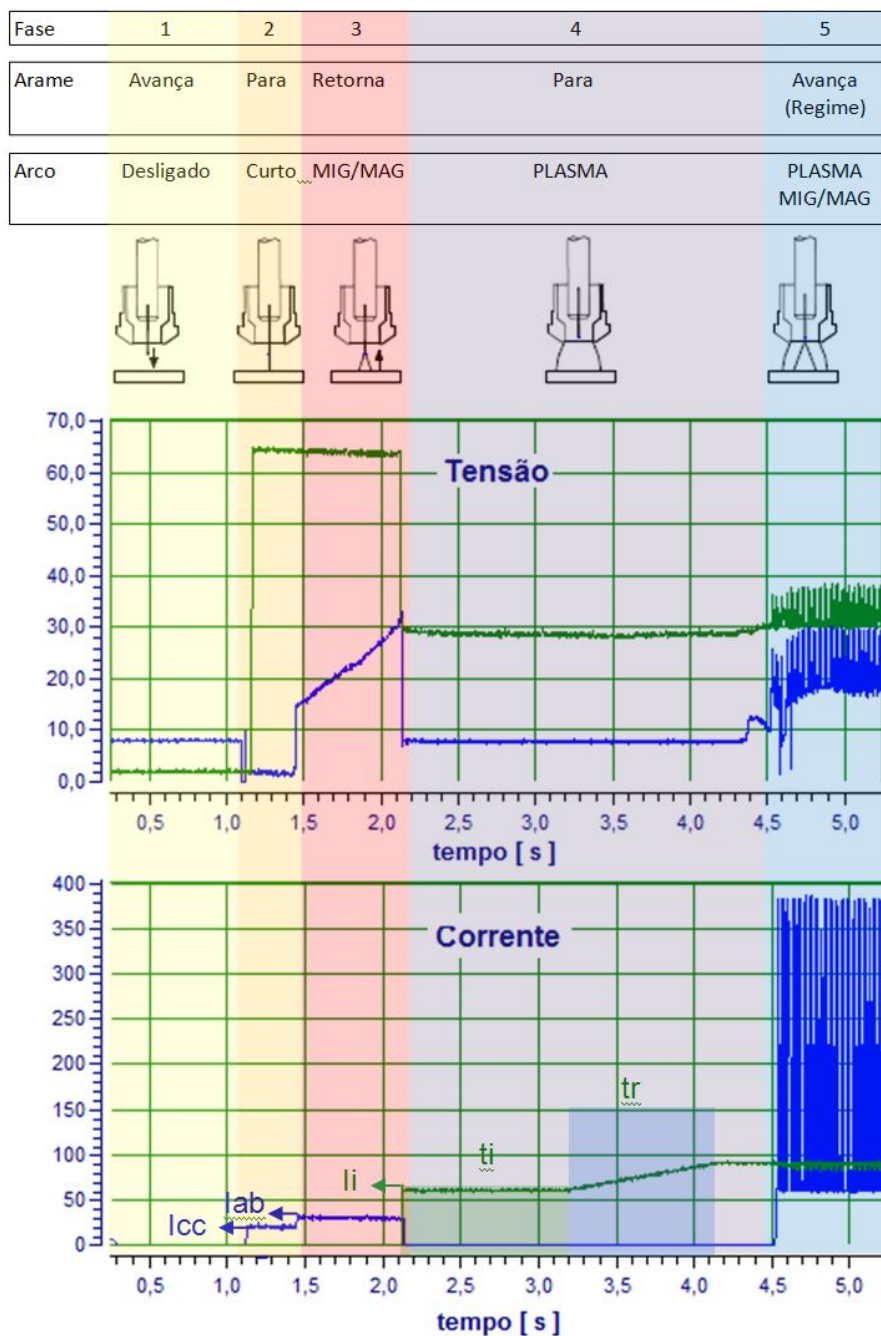



Figura 10.2 – Formação do arco Plasma-MIG

2 – Etapa de Curto: Quando o arame toca na peça o arame é freado. Durante o toque não surge corrente devido aos circuitos de potência não estarem energizados. Então, somente após um dado instante é que as saídas MIG/MAG e PLASMA são energizadas, momento em que surge corrente na saída principal conectado ao circuito MIG/MAG, a saída PLASMA fica com tensão a vazio e o arame é comandado a retornar. O valor desta corrente é definido por

Icc e o da velocidade por Var (Menu ABERTURA fig. 10.4). Quando o curto entre o arame e a peça se desfaz é formado o arco entre a ponta do arame e a peça, iniciando a etapa 3.

3 – Etapa de Retorno do Arame: O arco é considerado existente quando a tensão da saída principal ficar maior que Uab. Momento em que é aplicada a corrente Iab. O arme continuará retornando até a saída PLASMA ser ionizada surgindo corrente, quando é iniciada a etapa 4. O valor inicial da corrente PLASMA é definido por Ii (Menu CNF PLASMA fig. 10.4). Se o tempo de retorno ultrapassar tr (Menu ABERTURA) e não surgir corrente na saída PLASMA a fonte irá retornar a etapa 1.

4 – Etapa de Estabilização do Arco PLASMA: Após a abertura do arco PLASMA durante o tempo ti será aplicada a corrente Ii, em seguida a corrente irá para a corrente de regime em forma de rampa. O tempo de rampa é definido por ts. Ao atingir a corrente de regime é iniciada a 5 etapa.

5 – Etapa de soldagem: Nesta etapa a saída MIG/MAG é energizada novamente, iniciando a soldagem propriamente dita. Os valores das variáveis de cada processo são regulados no menu VARIAVEIS (fig. 10.4).

Finalização da soldagem.

Quando o botão de disparo é acionado para finalizar a soldagem, a fonte irá parar o arame, e cortar a corrente MIG/MAG após o tempo definido na variável DEFASAGEM ARAME, da opção CONFIGURAR do menu principal. Já a corrente PLASMA fará uma rampa durante o tempo td até o valor de corrente If, cessando após o tempo tf.

Acesso ao menu do PLASMA-MIG.

Na figura 10.3 é apresentado a seqüencia de opções que devem ser selecionadas para acessar o PLASMA-MIG a partir do menu principal.

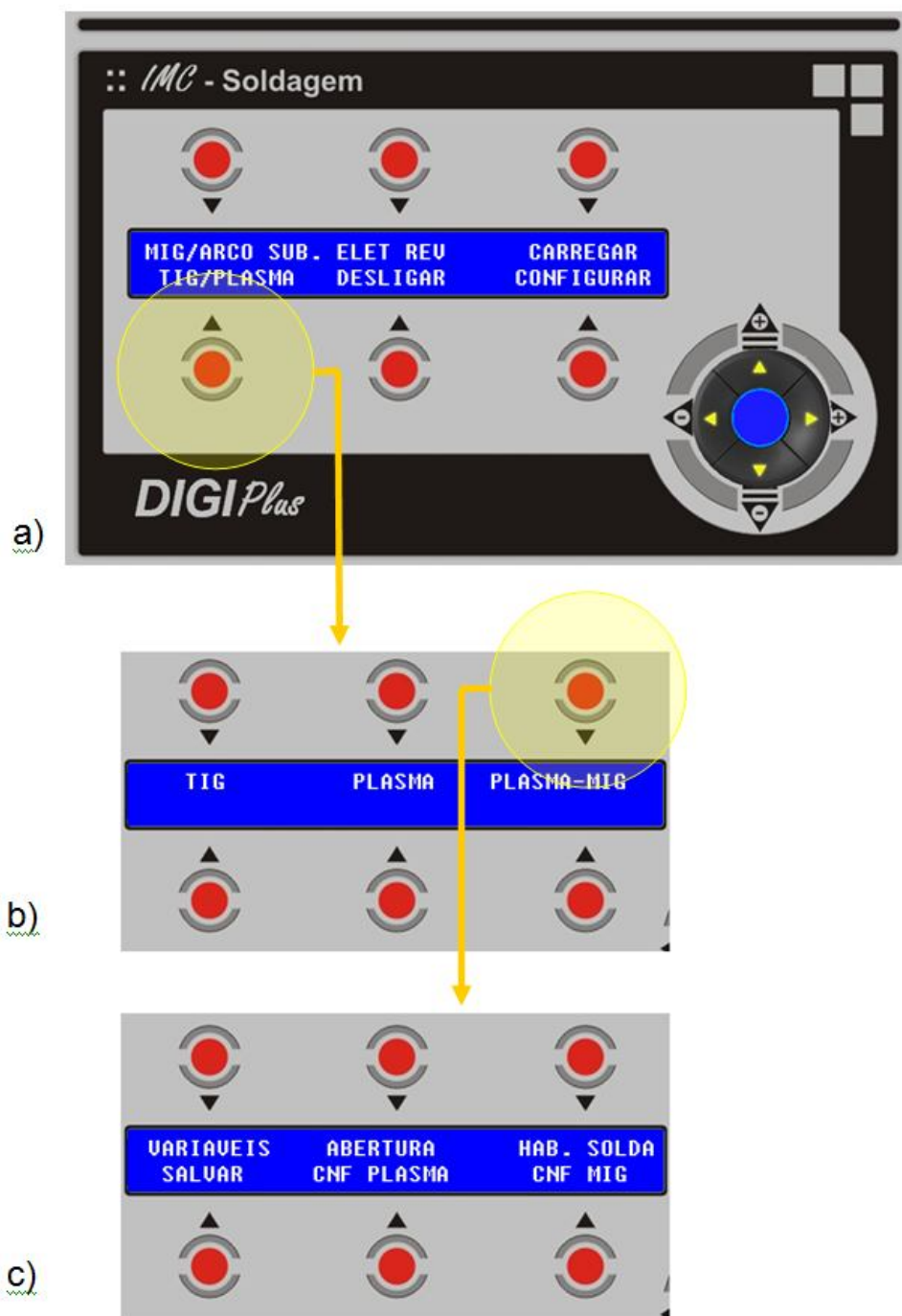



Figura 10.3 – Acesso ao Menu do PLASMA-MIG.

Regulagem das Variáveis do Processo de Soldagem.

No menu VARIAVEIS, figura 10.4, são definidas as variáveis de soldagem do PLASMA e do MIG/MAG. Este menu também fica disponível durante a soldagem. Quando este menu é selecionado será mostrado as variáveis do PLASMA, já as variáveis do MIG/MAG são acessadas pressionando-se a opção MIG. Para voltar a regular as variáveis do PLASMA deve-se escolher a opção PLASMA.

Na opção ABERTURA são definidas as variáveis envolvidas durante a abertura do arco.

Na opção CNF PLASMA são definidas as variáveis relativas ao início e fim da soldagem, buscando-se um inicio de soldagem mais estável e um melhor controle sobre o fim do cordão.

A opção CNF MIG/MAG é usada para configura as variáveis relativas ao curto circuito do arame durante a soldagem. Este menu é o mesmo do MIG/MAG modo corrente.

A opção SALVAR permite que sejam gravados 6 programas de soldagem diferentes, que podem ser acessados posteriormente pela opção CARREGAR do menu principal.

Orientações Gerais.

- Os tempos de pré-gás e pós-gás são regulados na opção CONFIGURAR do menu principal, figura 10.3a.

- A regulagem da defasagem do arame tem como função reduzir o volume de metal fundido na ponta do arame após a finalização da soldagem, com intuito de facilitar a abertura do arco em uma nova soldagem.

- Existem duas correntes Icc, porém cada uma tem função distinta. A do menu de ABERTURA visa ter uma corrente suficiente para abrir o arco no retorno do arame com a menor fusão possível do eletrodo. Já Icc na opção CNF MIG/MAG tem como finalidade aumentar a taxa de fusão do arame quando este toca na peça para reduzir a possibilidade do arame “embolar”.

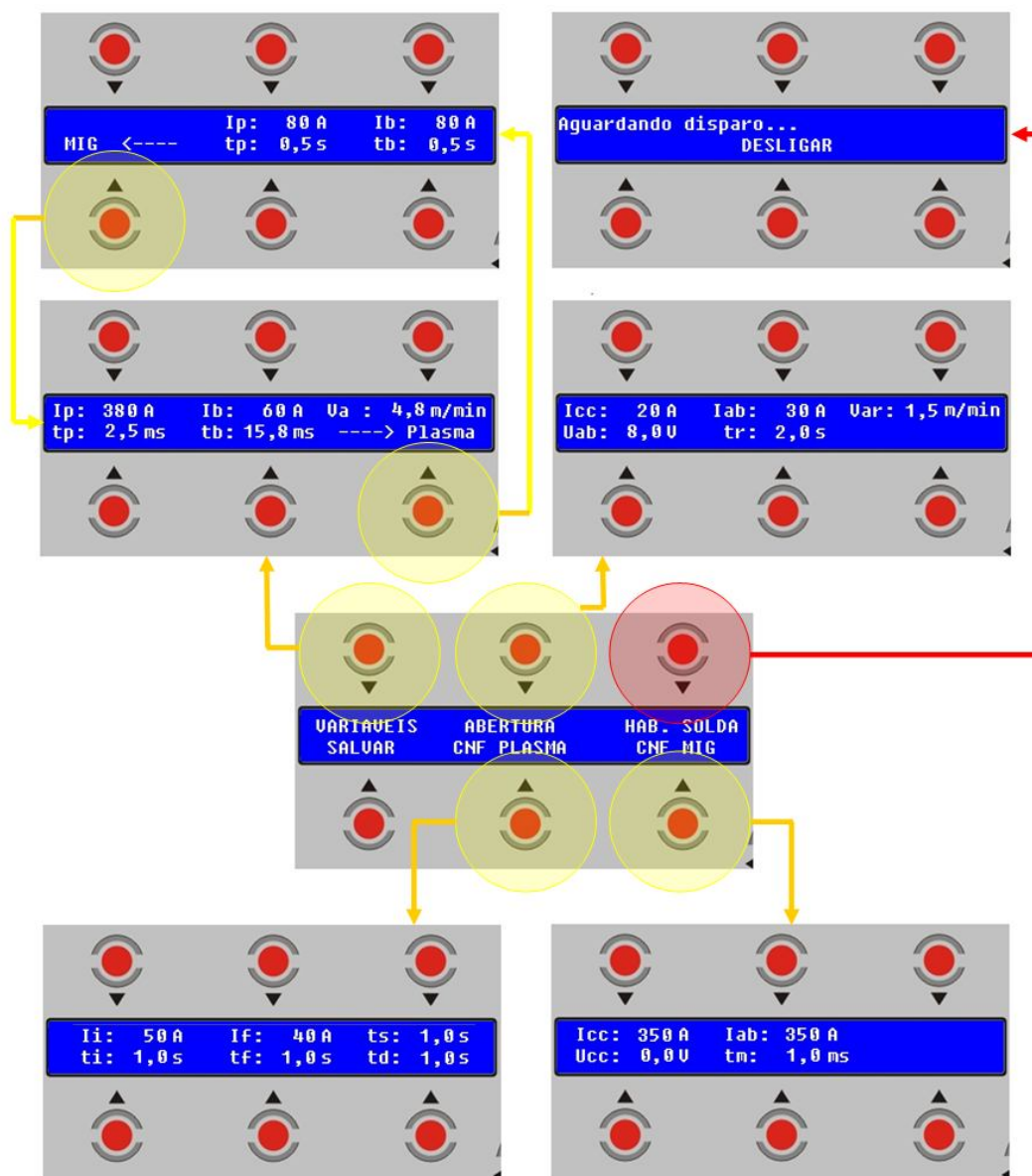



Figura 10.4 – Opções do PLASMA-MIG.

DESCRIÇÃO DOS SIMBOLOS.

Menu VARIAVEIS → PLASMA:

Ip – Corrente de pulso.

Ib – Corrente de base.

tp – Tempo de pulso.

tb – Tempo de base.

Menu VARIAVEIS → MIG/MAG:

Ip – Corrente de pulso.

Ib – Corrente de base.

tp – Tempo de pulso.

tb – Tempo de base.

Va – Velocidade de arame.

Menu ABERTURA:

Icc – Corrente de curto circuito para abertura de arco.

Iab – Corrente de abertura de arco.

Uab – Tensão acima da qual o arco é considerado aberto.

tr – Tempo máximo de retorno.

Var – Velocidade de arame de retorno.

Menu CNF PLASMA:

Ii– Corrente da fase de início.

ti – tempo da fase de início.

Ts – tempo da rampa de início.

Ii– Corrente da fase de final.

ti – tempo da fase de final.

Ts – tempo da rampa de final.

Menu CNF MIG/MAG:

Icc– Corrente de curto circuito durante a soldagem.

Ucc – Tensão abaixo da qual o arco é considerado em curto circuito, .

tm – tempo mínimo que o arame deve ficar em curto para a fonte aplicar a corrente Icc.

Iab– Corrente de abertura de arco no processo MIG/MAG (não se aplica ao PLASMA-MIG).

CONEXÃO DA UNIDADE DE REFRIGERAÇÃO.

A pistola PLASMA-MIG possui três circuitos de refrigeração a água, usados para refrigerar o bico de contato do MIG/MAG (circuito 1), o bocal PLASMA (circuito 2) e o eletrodo PLASMA (circuito 3). Durante a soldagem é imprescindível que em todos circuitos esteja circulando água.

A unidade possui dois conjuntos bomba, radiador e sensor de fluxo (fig. 10.5), um para os circuitos 1 e 2, e outro para o circuito 3. Os sensores de fluxo ajudam a diminuir o risco de danificar a pistola por falta de circulação de água. Entretanto, se recomenda fazer periodicamente uma verificação visual dos circuitos de refrigeração, principalmente se o uso não é freqüente.

Para verificação visual se desconecta a mangueira de retorno da água da entrada da unidade de refrigeração com a bomba desligada, sendo a mesma direcionada a entrada de abastecimento do reservatório. Então ao se ligar a bomba é possível perceber a circulação de água (figura 10.6).

Devido a existir dois conjuntos de refrigeração e três circuitos na pistola é necessário fazer as conexões de acordo com as marcações.

Na unidade de refrigeração os sensores de fluxo estão ligados ao conector Fonte. Durante a solda com o PLASMA-MIG é necessário que este conector esteja ligado à conexão URP da fonte de soldagem. Isso permite a fonte identificar a falta de refrigeração para bloquear a soldagem e sinalizar ao operador. No caso da falta de conexão a fonte irá perceber como falha de circulação não permitindo a soldagem.

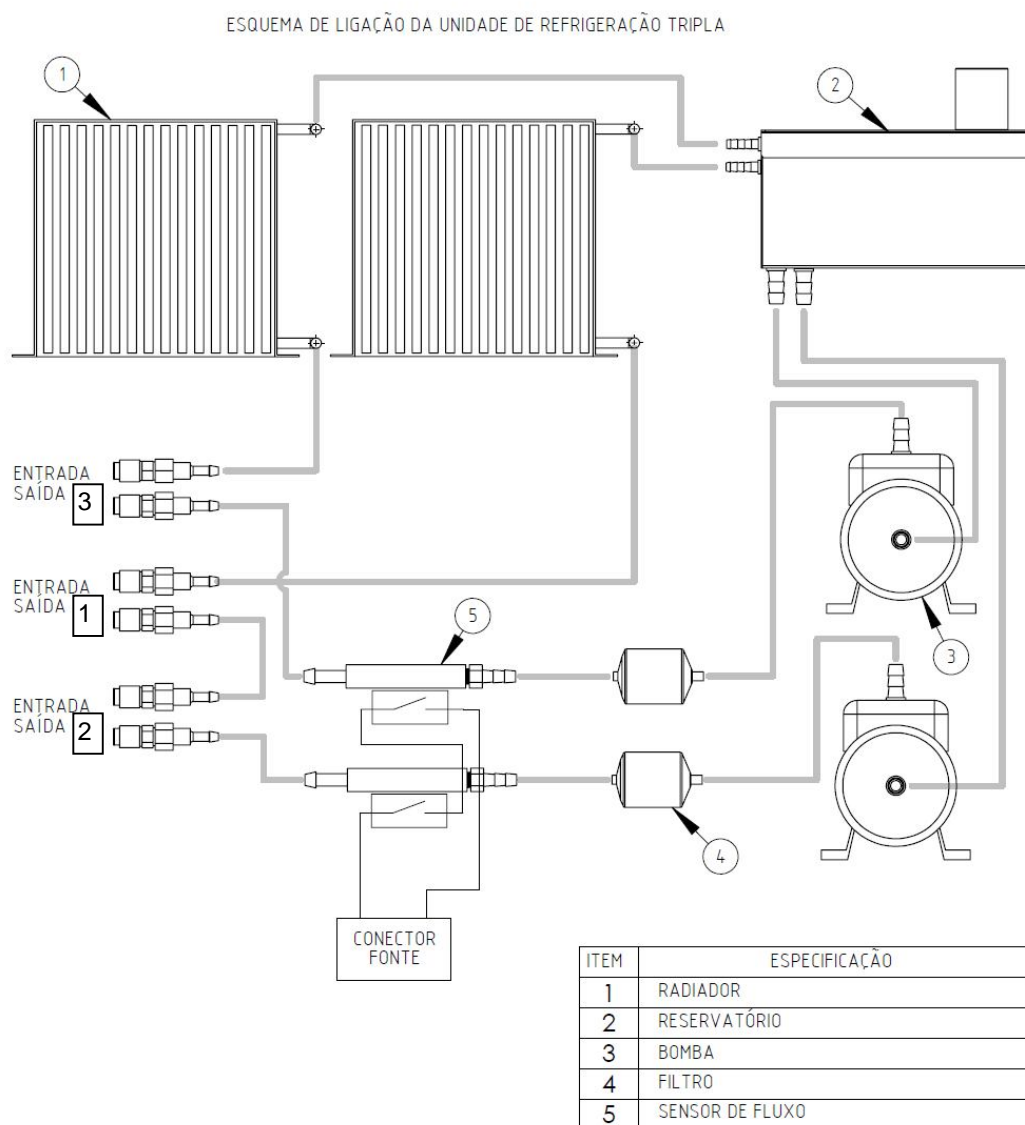



Figura 10.5 – Diagrama da unidade de refrigeração.

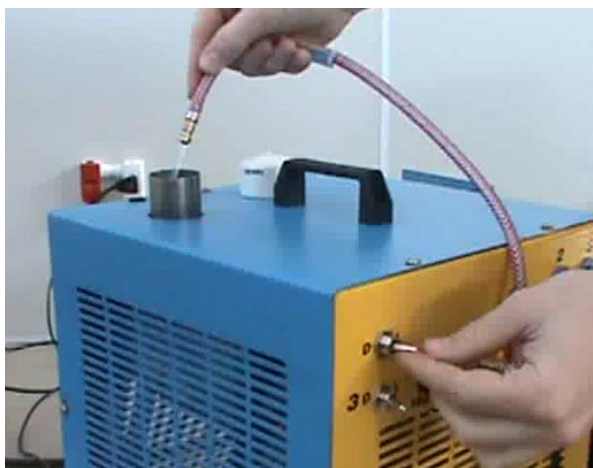



Figura 10.6 – Teste circuito de refrigeração.

CONEXÃO DOS GASES.

O processo PLASMA-MIG utiliza três gases, ilustrado na figura 10.1, denominados como gás MIG, gás plasma e gás de proteção. Para permitir a regulagem independente da vazão de cada gás, a fonte, o alimentador de arame e a pistola possuem conexões identificadas com nomes e cores.

Para regular previamente cada vazão de gás antes de iniciar a soldagem pode-se usar a função TESTE GAS da opção CONFIGURAR do menu principal.

CHECK LIST antes de soldar com o PLASMA-MIG.

- Conferir se todos os circuitos de refrigeração estão conectados e com circulação de água.
- Verificar se as conexões de gás estão corretas. Usar a opção TESTE GAS para verificar a circulação dos três gases.
- Verificar se as conexões da tocha e obra estão com as polaridades corretas. A inversão de polaridade do circuito plasma pode danificar o eletrodo.

Outras informações.

- Ao desmontar o bocal PLASMA a água presente no bocal irá molhar componentes da pistola. A umidade remanescente poderá gerar instabilidades nos primeiros momentos da soldagem.
- Em algumas situações, os resíduo produzidos (respingos, vaporização metálicas, ...) durante a soldagem podem aderir no bico de contato e partes do eletro PLASMA, criando um ambiente para formação de uma arco entre o bico de contato e partes internas do eletrodo PLASMA. Quando isso ocorre o arco fica instável, porque a corrente do MIG/MAG não circula totalmente pelo arame, reduzindo a taxa de fusão, podendo gerar curto circuitos do arame com a peça, o que por sua vez pode extinguir o arco PLASMA. Além disso, o eletrodo PLASMA e o bico de contato podem ser danificados, geralmente ocorre fusão de dadas regiões dos mesmos.

Anexo A

MANUAL DO CABEÇOTE ALIMENTADOR DE ARAME

STA – 20 D

1. DESCRIÇÃO DO PAINEL.

1.1 INDICADOR DIGITAL (1S)

É formado por três dígitos de sete segmentos com uma casa decimal para indicação da velocidade de arame ajustada.

1.2 LED PROTEÇÃO (9S)

Sinaliza a atuação da proteção. O cabeçote fica totalmente inoperante, sendo necessário tirar e colocar novamente o conector indicado como Alimentador de Arame atrás da fonte ou desligar e ligar a fonte, para que este volte a operar.

1.3 BOTÃO DE AVANÇO (2S)

Usado para avançar e posicionar o arame de alimentação.

1.4 BOTÃO DE RETROCESSO (3S)

Usado em conjunto com o anterior para posicionar o arame após a saída deste no bico de contato.

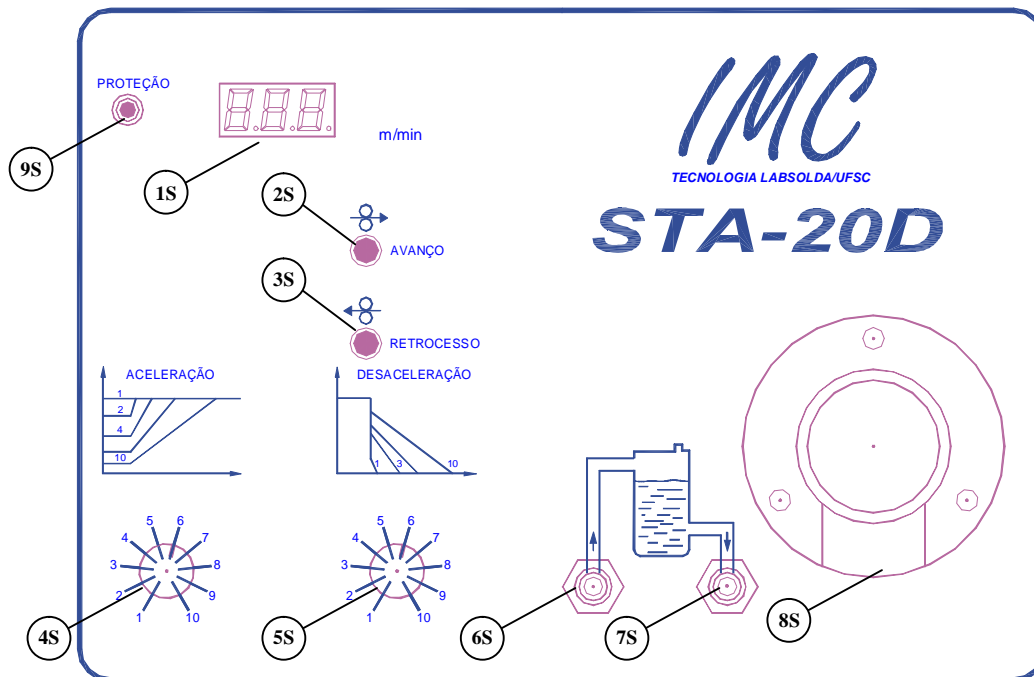
1.5 POTENCIÔMETRO DE ACELERAÇÃO (4S)

Tem por finalidade facilitar a abertura do arco. Na posição 1 não há atuação deste controle e a partida ocorre com a velocidade ajustada. Da posição 2 à 10 a partida ocorre com velocidade mais reduzida em relação a ajustada,

iniciando uma rampa de aceleração após a abertura do arco, até atingir a velocidade de regime.

1.6 POTENCIÔMETRO DE DESACELERAÇÃO (5S)

Tem por finalidade evitar que o arame funda junto ao bico de contato ou mergulhe na poça de fusão quando a solda é finalizada. De 1 para 10 torna-se mais lenta a desaceleração, conforme mostra a figura.

1.7 PAINEL DE CONTROLE

1S – "Display"indicador
2S – Botão para avanço do arame
3S – Botão para retrocesso do arame
4S – Ajuste da rampa de aceleração

5S – Ajuste da rampa de desaceleração
6S – Retorno de água da pistola
7S – Saída de água para a pistola
8S – Conector da pistola
9S – "LED" de proteção

2. OPERAÇÃO

Em primeiro lugar colocar o rolo de arame-eletrodo observando se os roletes e o bico de contato estão compatíveis com o mesmo. Para introduzir o arame usar o botão de AVANÇO. Utilizar AVANÇO e RETROCESSO para posicionar o arame na saída do bico de contato.

Posicionar os potenciômetros de ACELERAÇÃO e DESACELERAÇÃO em torno de 5, como um valor inicial. Fazer uma soldagem e observar o comportamento na abertura e no encerramento, fazendo ajustes considerando o seguinte:

ACELERAÇÃO: se na abertura o arame avança muito lento, ajuste a ACELERAÇÃO em valores mais próximos de 1. Se for muito rápido, batendo na peça com muita velocidade, gire para valores mais próximos de 10. O valor 1 anula este controle, fazendo com que a partida ocorra com a velocidade ajustada (de regime).

Observação: para velocidades de regime muito baixas, coloque na posição 1, pois em outras posições o arame pode não avançar.

DESACELERAÇÃO: este controle não é de efeito tão perceptível quanto o anterior, principalmente em soldagem manual, onde o soldador tem muita influência nas condições de soldagem. Como orientação prática pode se dizer que, se na finalização o arame tende a mergulhar na poça de fusão, deve-se colocar em posições mais próximas de 1. Caso contrário, se a tendência é pegar no bico, tentar posições mais próximas de 10.

Dentro de uma certa faixa, ambos os controles se adaptam automaticamente aos diferentes valores de velocidade de arame, o que significa que não é necessário ajustá-los a cada alteração de velocidade.

3. PROBLEMAS: CAUSAS E SOLUÇÕES

PROBLEMA	CAUSA	SOLUÇÃO
A proteção atua seguidamente.	Em geral deve-se a trancamento do arame dentro do mangote. Pode ser também o rolo de arame muito apertado ou um problema mecânico no motor. Ou ainda um defeito na parte eletrônica, mas a possibilidade é bastante remota.	Verificar as condições do conduíte, e se necessário, trocá-lo. Verificar o aperto do rolo de arame, se o bico de contato está de acordo com a bitola do arame ou se existe alguma outra causa que impeça o correr livre do arame. Se nenhuma causa mecânica for encontrada, substituir a placa eletrônica de controle e mandar aquela com defeito para manutenção.
A velocidade do arame se mantém baixa na abertura do arco, sem sair da velocidade de aproximação.	O circuito eletrônico do cabeçote recebe um sinal vindo da fonte, informando que houve a abertura do arco. Só então a velocidade de aproximação é liberada, passando a velocidade ajustada. A falta deste sinal é a causa mais provável.	Com um voltímetro, verificar a presença deste sinal no conector CN1, na placa base do cabeçote, entre os pinos marcados com CF3 (GND) e Ia (+). Na abertura do arco e enquanto houver corrente, a tensão neste ponto deve-se manter maior que 5 V. Caso não ocorra, com a fonte desligada, testar a continuidade do fio azul (Ia) entre o conector CN1 e o conector de oito pinos na outra ponta do mangote, pino 6. Se não existir falha de continuidade, deve-se verificar nos conectores da fonte, ou trocar a placa de controle do cabeçote, colocando a outra para manutenção.

Anexo B

TABELAS DE VARIÁVEIS PARA MIG PULSADO

Nas tabelas a seguir são apresentados os dados de ajuste das variáveis de soldagem em modo pulsado para aço carbono e alumínio. Os dados foram calculados e testados para valores de corrente média variando de 10 em 10 A.

Para cada corrente média ou eficaz desejada o usuário deve ajustar as variáveis referentes às colunas numeradas de acordo com a modalidade desejada, como segue:

a) Imposição de corrente modo normal-

Variáveis das colunas 3, 4, 5, 6 e 7.

c) Modo misto -

Variáveis das colunas 4, 5, 6, 7 e 8.

Metal de adição: Arame-eletrodo ER70S-6 (aço)
Diâmetro do eletrodo: 1.0 mm
Diâmetro da gota: 1.2 mm
Gás: Ar + 5 % CO_2

1	2	3	4	5	6	7	8
I_m (A)	I_{ef} (A)	Ip (I_4) (A)	tp (t_4) (ms)	Ib (I_3) (A)	tb (t_3) (ms)	v_a (m/min)	U_p (volt)
30	62	240	4.1	16	61.6	1.2	29
40	72	240	4.1	22	45.1	1.4	29
50	82	240	4.1	28	35.3	1.8	29
60	91	240	4.1	34	28.8	2.1	29
70	99	240	4.1	41	24.1	2.5	29
80	107	240	4.1	48	20.5	2.8	29
90	115	240	4.1	55	17.8	3.2	29
100	123	240	4.1	63	15.6	3.5	29
110	131	240	4.1	71	13.8	4.0	29
120	139	240	4.1	80	12.3	4.4	29
130	146	240	4.1	89	11.1	4.6	29
140	154	240	4.1	99	10.0	4.9	30
150	162	240	4.1	109	9.0	5.5	30
160	170	240	4.1	120	8.2	5.9	30
170	178	240	4.1	132	7.5	6.3	30
180	186	240	4.1	144	6.9	7.0	30

Metal de adição: Arame-eletrodo ER70S-6 (aço)
Diâmetro do eletrodo: 1.2 mm
Diâmetro da gota: 1.2 mm
Gás: Ar + 5 % CO_2

1	2	3	4	5	6	7	8
I_m (A)	I_{ef} (A)	Ip (I_4) (A)	tp (t_4) (ms)	Ib (I_3) (A)	tb (t_3) (ms)	v_a (m/min)	U_p (volt)
30	79	300	4	11	55.3	0.8	29
40	91	300	4	14	40.4	1.0	29
50	102	300	4	18	31.6	1.3	29
60	112	300	4	23	25.6	1.6	29
70	122	300	4	27	21.4	1.8	29
80	131	300	4	32	18.2	2.0	29
90	139	300	4	37	15.8	2.3	29
100	147	300	4	42	13.8	2.6	29
110	155	300	4	48	12.2	2.8	29
120	162	300	4	53	10.8	3.0	29
130	170	300	4	60	9.7	3.4	29
140	177	300	4	66	8.7	3.5	29
150	184	300	4	74	7.9	4.1	29
160	191	300	4	81	7.1	4.0	29
170	198	300	4	90	6.5	4.2	29
180	205	300	4	98	5.9	4.9	29
190	213	300	4	108	5.4	5.1	30
200	220	300	4	118	4.9	5.4	30
210	227	300	4	129	4.5	5.7	30
220	234	300	4	142	4.1	5.9	30

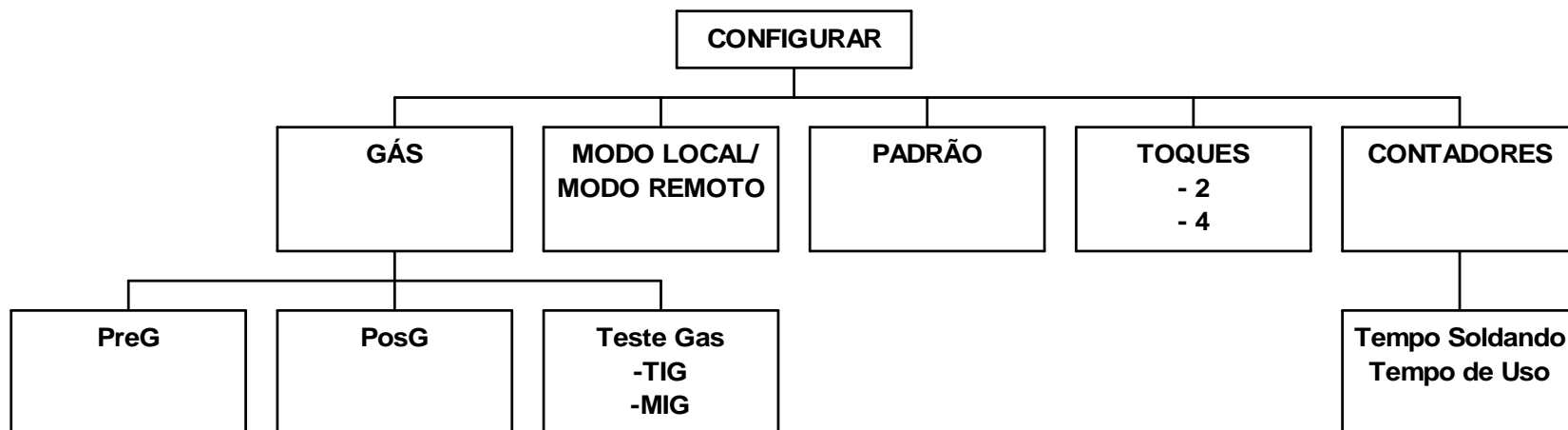
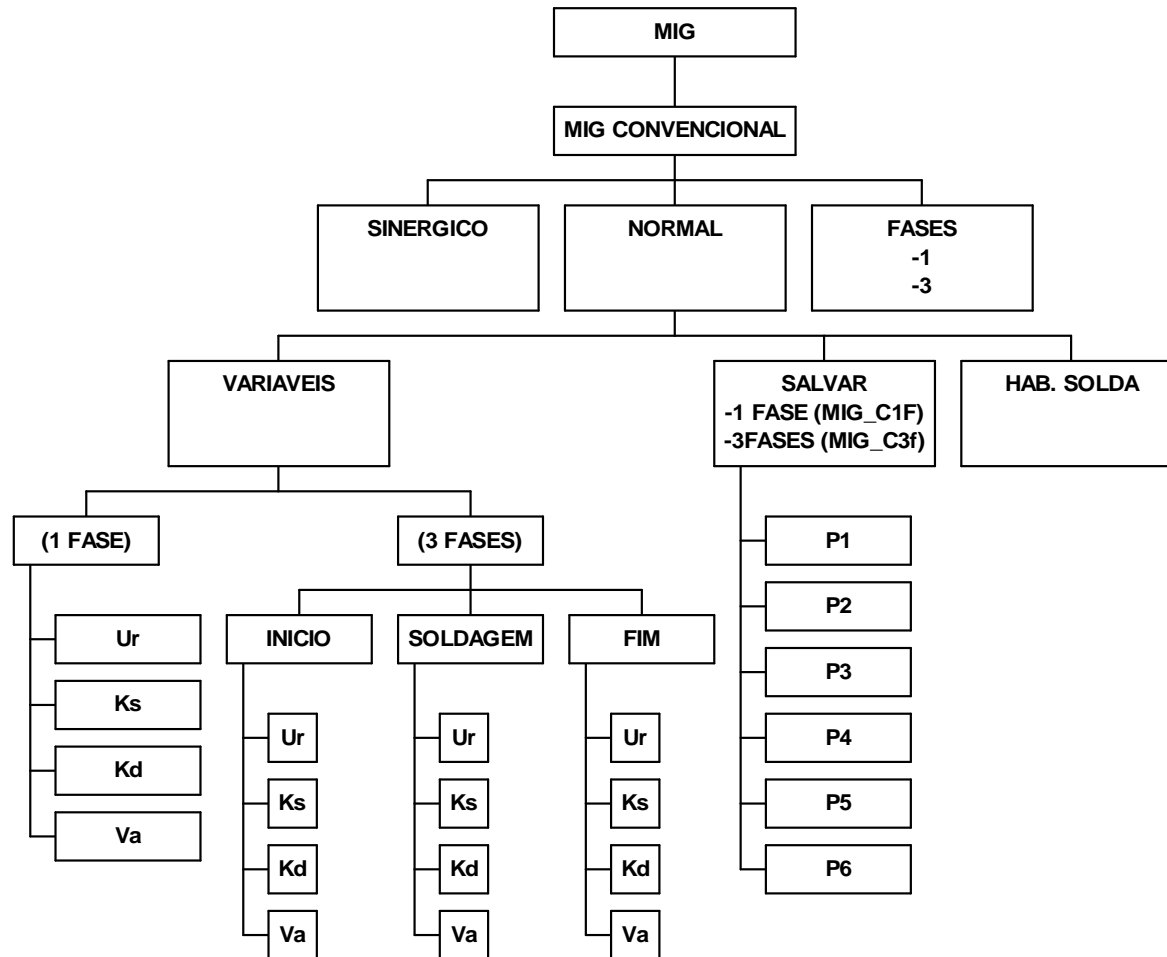
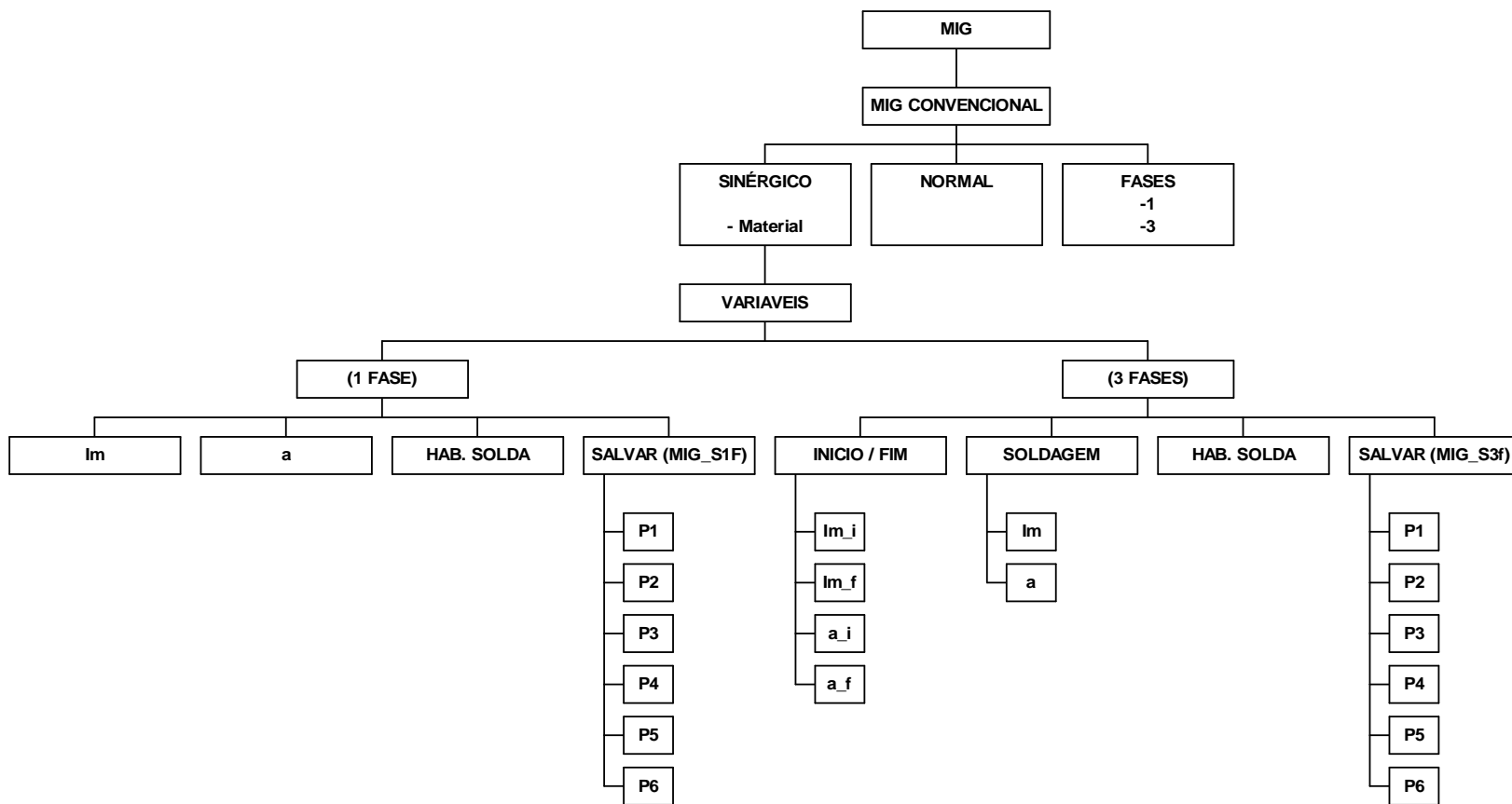
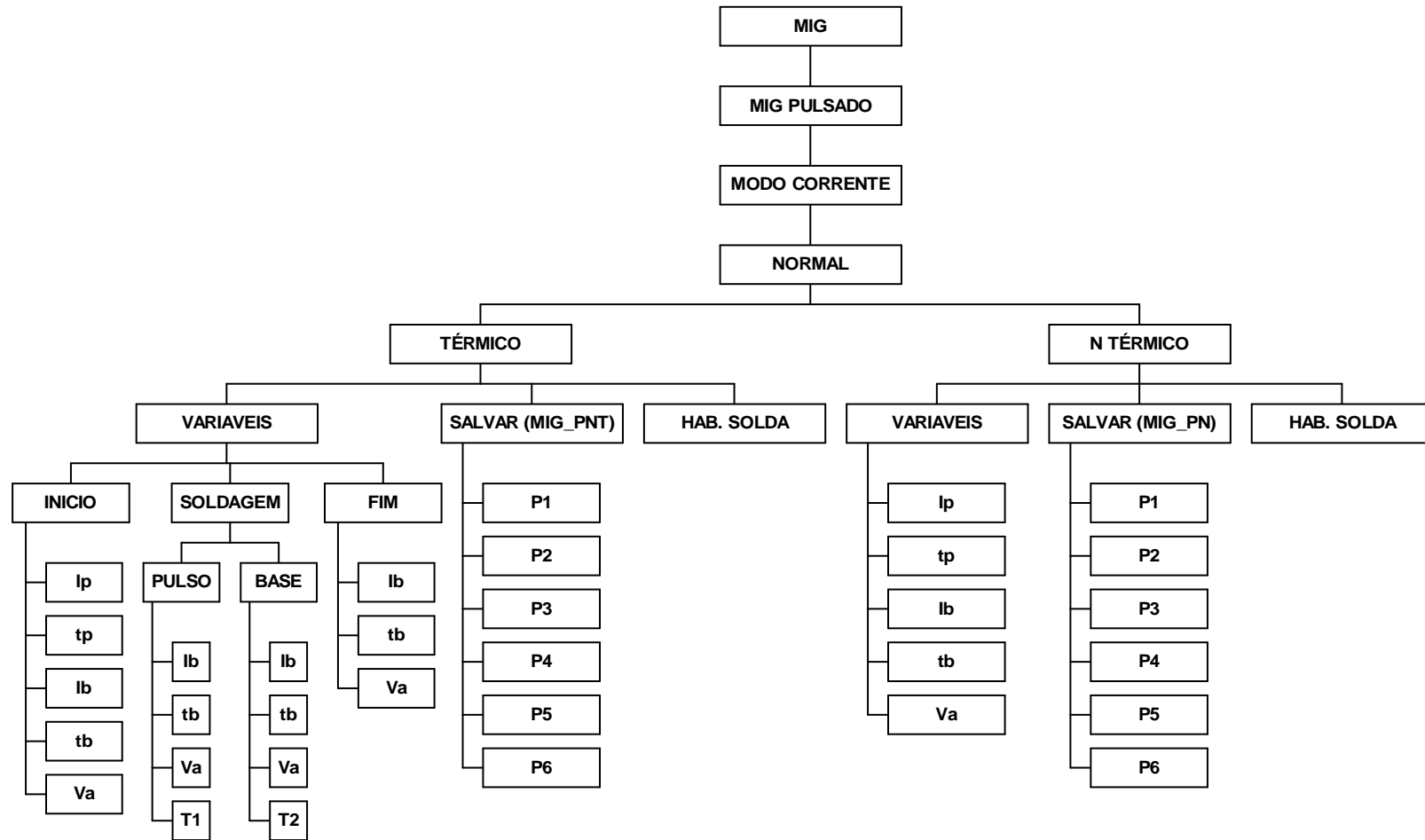
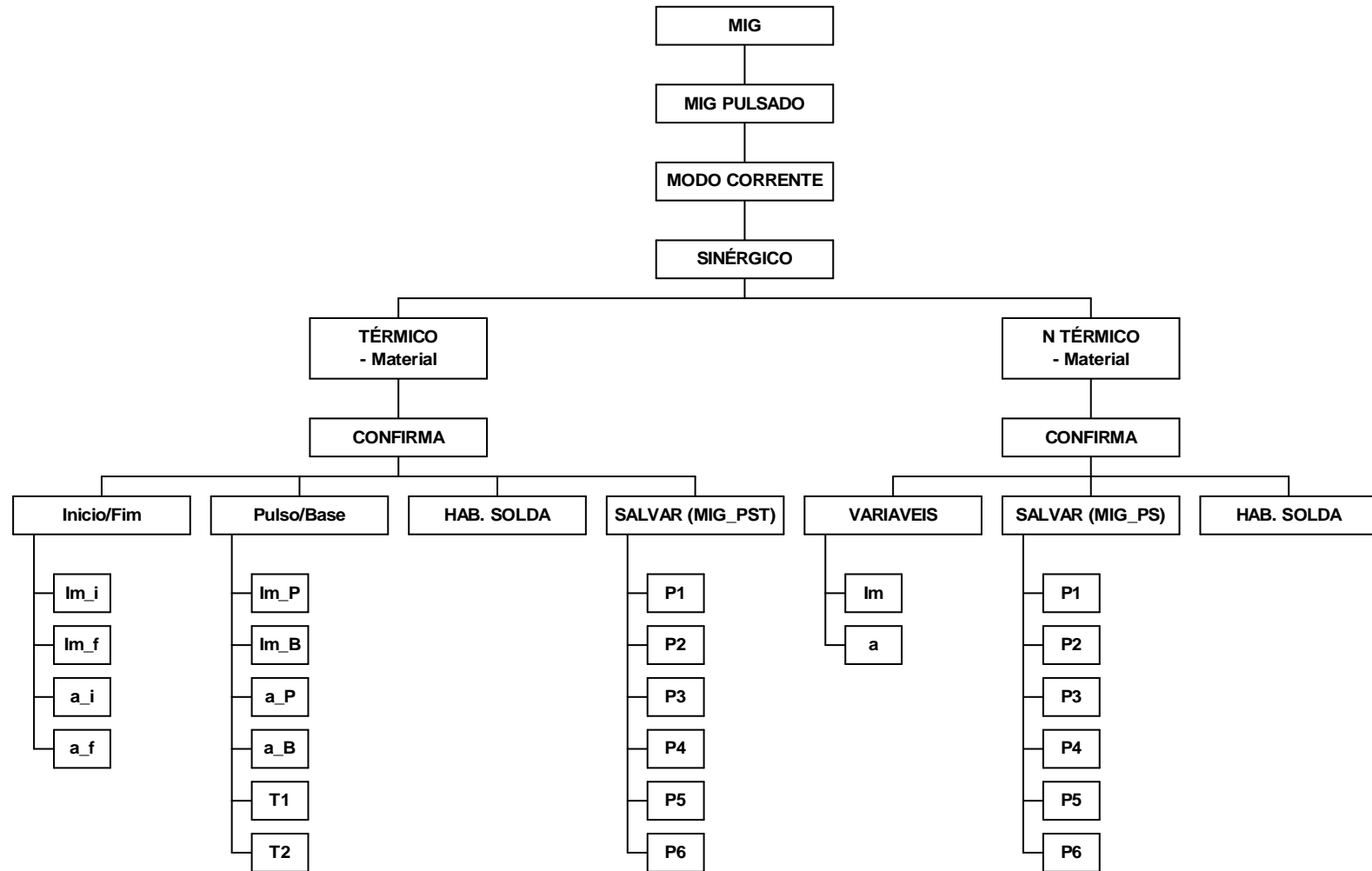
Metal de adição: Arame-eletrodo 4043 A/AlSi5 (Alumínio)
Diâmetro do eletrodo: 1.2 mm
Diâmetro da gota: 1.2 mm
Gás: Ar

1	2	3	4	5	6	7	8
I_m (A)	I_{ef} (A)	Ip (I_4) (A)	tp (t_4) (ms)	Ib (I_3) (A)	tb (t_3) (ms)	v_a (m/min)	U_p (volt)
30	73	300	2	14	32.8	1.4	28.0
40	85	300	2	18	24.1	1.9	29.5
50	96	300	2	24	18.9	2.4	29.5
60	105	300	2	29	15.4	2.8	30.4
70	114	300	2	34	12.9	3.2	30.4
80	123	300	2	40	11.0	3.7	30.4
90	132	300	2	46	9.6	4.0	30.4
100	140	300	2	53	8.4	4.4	30.4
110	148	300	2	59	7.5	4.8	29.0
120	155	300	2	66	6.7	5.3	29.0
130	163	300	2	74	6.0	5.6	29.0
140	170	300	2	81	5.5	5.9	29.0
150	178	300	2	90	5.0	6.4	29.0

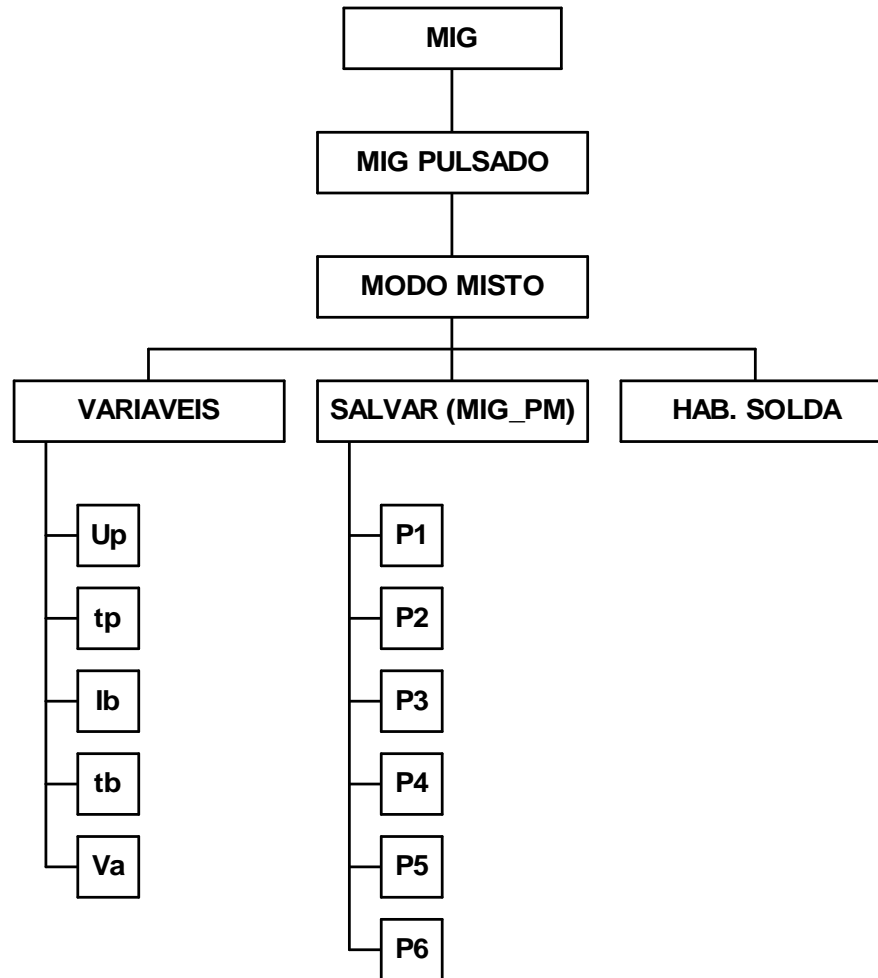
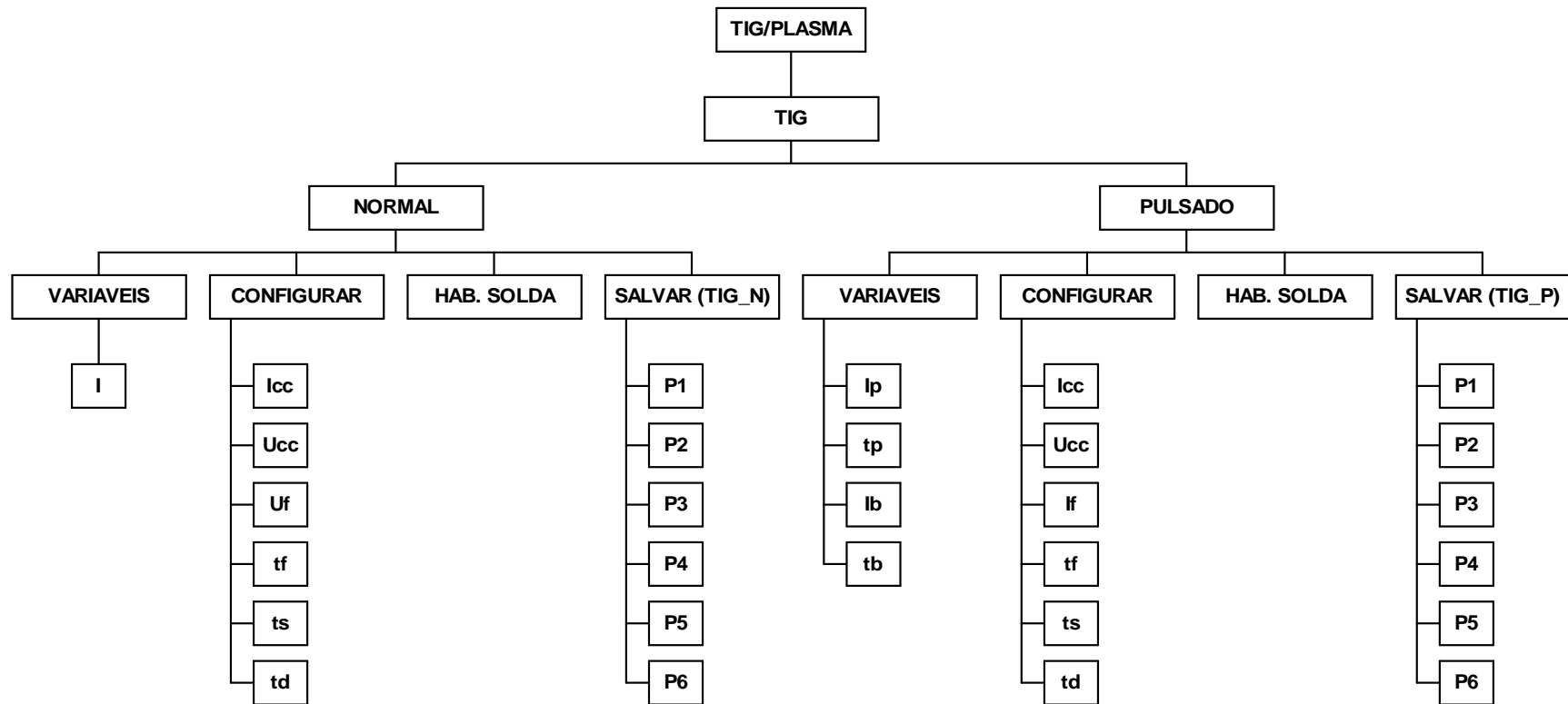
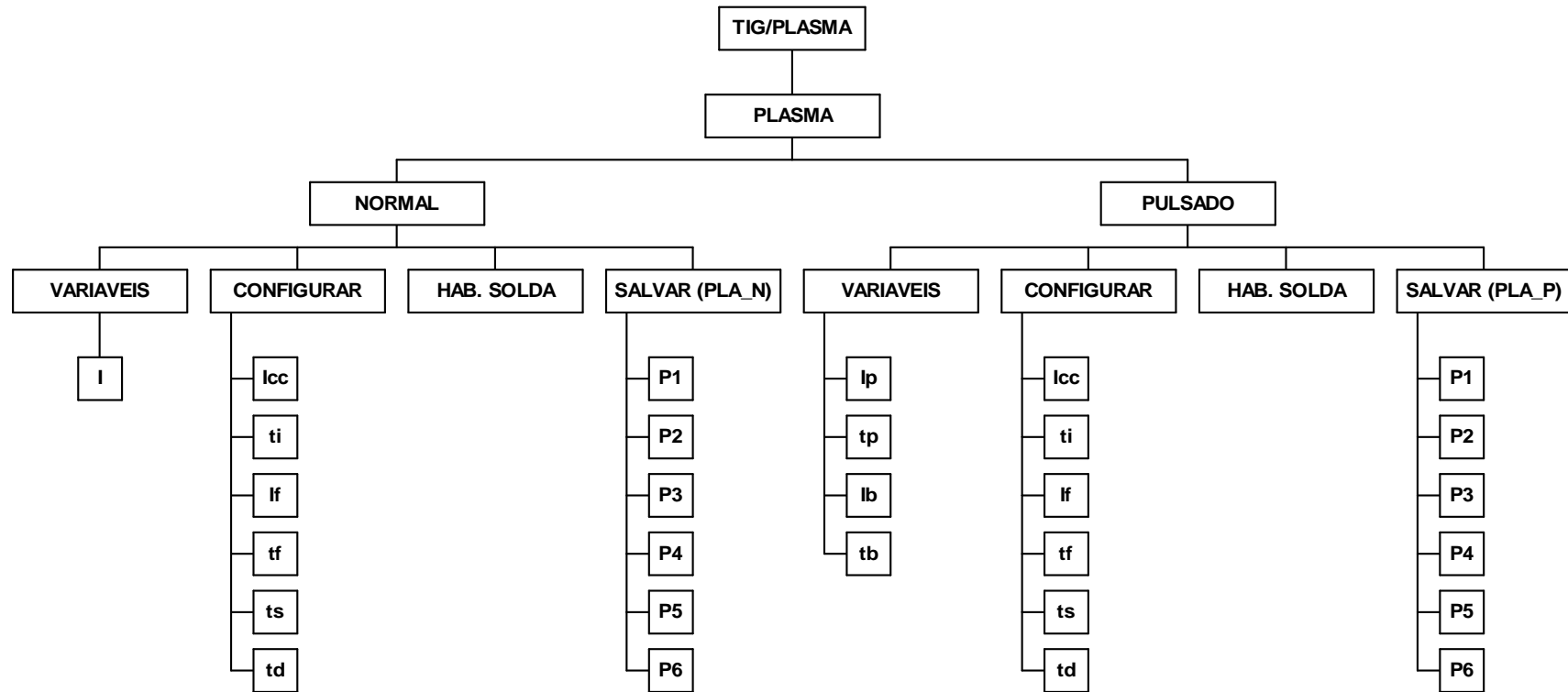
Metal de adição: Arame-eletrodo ER 316 L SI (aço inox)
Diâmetro do eletrodo: 1.2 mm
Diâmetro da gota: 1.35 mm
Gás: Ar + 2% O2

1	2	3	4	5	6	7	8
I_m (A)	I_{ef} (A)	Ip (I_4) (A)	tp (t_4) (ms)	Ib (I_3) (A)	tb (t_3) (ms)	v_a (m/min)	U_p (volt)
40	83	300	4.5	20	58.3	1.1	35.1
50	93	300	4.5	25	45.8	1.3	35.1
60	103	300	4.5	31	37.4	1.6	35.1
70	112	300	4.5	37	31.4	1.9	36.4
80	120	300	4.5	43	26.9	2.2	36.4
90	129	300	4.5	50	23.4	2.4	37.0
100	137	300	4.5	56	20.6	2.7	37.0
110	145	300	4.5	63	18.4	3.0	37.0
120	153	300	4.5	71	16.4	3.2	38.2
130	160	300	4.5	78	14.8	3.5	38.2
140	168	300	4.5	86	13.5	3.8	38.2
150	175	300	4.5	95	12.3	4.0	37.4
160	183	300	4.5	104	11.2	4.3	37.4
170	191	300	4.5	113	10.3	4.6	37.4
180	198	300	4.5	123	9.5	4.9	36.0
190	206	300	4.5	133	8.7	5.1	36.0
200	214	300	4.5	144	8.1	5.4	36.0
210	221	300	4.5	156	7.5	5.7	36.0
220	229	300	4.5	168	6.9	6.0	36.0
230	237	300	4.5	181	6.4	6.2	36.0

Anexo C

Diagrama Menu

Esquema MIG Convencional Normal

Esquema MIG Convencional Sinergico

Esquema MIG Pulsado Modo Corrente Normal

Esquema MIG Pulsado Modo Corrente Sinérgico

Esquema MIG Pulsado Modo Misto

Esquema TIG

TIG/PLASMA
TIG
NORMAL
PULSADO
VARIAVEIS
CONFIGURAR
HAB. SOLDA
SALVAR (TIG_N)
VARIAVEIS
CONFIGURAR
HAB. SOLDA
SALVAR (TIG_P)
I
Icc
Ucc
Uf
tf
ts
td
P1
P2
P3
P4
P5
P6
Ip
tp
Ib
tb
Icc
Ucc
If
tf
ts
td
P1
P2
P3
P4
P5
P6

Esquema Plasma

Esquema Eletrodo Revestido